

ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA
METROPOLITANA
(1994 – 2014)

Rafael Roberto Cardona Ortiz

Octubre, 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA

2015

ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA
METROPOLITANA

(1994 – 2014)

Rafael Roberto Cardona Ortiz

Octubre, 2015

Directora: María Fernanda Domínguez Amorocho

Esp. Ingeniera Ambiental

Monografía de grado para optar el título de Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA

2015

CONTENIDO

RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
PROBLEMÁTICA	7
OBJETIVO GENERAL	9
MARCO REFERENCIAL	10
ESQUEMA TEMÁTICO	16
CAPÍTULO I. EL ACUEDUCTO Y EL AGUA POTABLE:SU DESARROLLO EN EL TIEMPO	17
CAPÍTULO II. AGUA POTABLE, CONCEPTOS Y LEGISLACIÓN EN COLOMBIA: CAMBIOS Y PERMANENCIAS	36
CAPÍTULO III. EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA	62
3.1 UN SISTEMA EN EXPANSIÓN: CAMB Y PIEDECUESTANA, 1994 – 1999	62
3.2 DESARROLLO Y CONSOLIDACIÓN DEL SISTEMA: 2000 – 2014	67
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	92

CUADRO DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 . ACUEDUCTO ROMANO EN LA CIUDAD DE SEGOVIA, ESPAÑA.....	19
ILUSTRACIÓN 2 . CHORRO DE QUEVEDO, UNA DE LAS PRINCIPALES FUENTES PÚBLICAS PARA EL SUMINISTRO DE AGUA EN SANTA FE DURANTE LA COLONIA	24
ILUSTRACIÓN 3 . SEDE ACTUAL DEL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA (AMB) EN EL PARQUE DEL AGUA.	33
ILUSTRACIÓN 4 . PLANTA DE TRATAMIENTO DEL ACUEDUCTO DE PIEDRECUESTA, LA PIEDECUESTANA	34

RESUMEN

El ser humano en su continua evolución ha diseñado sistemas para aumentar su calidad de vida y los acueductos son un ejemplo del avance que la humanidad ha logrado por su paso en la tierra.

En esta monografía de grado se realizó un recuento de la bibliografía publicada sobre los sistemas de tratamiento de agua potable en la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana desde 1994 al 2014, mediante el estudio de fuentes documentales oficiales expedidas por organismos como la Gobernación de Santander y las alcaldías municipales. Para ello, tendrá en cuenta especialmente las disposiciones legales y los proyectos, casi todos adjudicados a empresas privadas mediante licitaciones públicas, que se han llevado a cabo mediante el Plan De Aguas de Santander (PDA), iniciativa del gobierno departamental para dotar de plantas de tratamiento de agua potable a varios municipios de la región. Todo esto, teniendo en cuenta la normatividad legal nacional e internacional, a manera contextual, sobre el uso del agua potable.

Su fin último es analizar las fortalezas y debilidades de la implementación y avances de los sistemas de tratamiento de agua potable que se han dado en el área Metropolitana de Bucaramanga entre 1994 y 2014. Por esta razón este trabajo se soportará en la recolección y el análisis cualitativo y cuantitativo de fuentes documentales escritas, de acuerdo con los lineamientos de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) para la realización de monografías de grado.

ABSTRACT

The human being in his continuous evolution has designed systems to increase his quality of life and the aqueducts are an example of the advance that the humanity has achieved for his step in the land. In this monograph of degree there was realized an inventory of the bibliography published on the systems of treatment of drinkable water in Bucaramanga's city and his metropolitan area from 1994 until 2014, by means of the study of documentary official sources sent by organisms as the Government of Santander and the municipal mayoralties. For it, it will have in it counts specially the legal dispositions and the projects, almost all awarded to private companies by means of public biddings, which have been carried out by means of the Water plan of Santander (PDA), inchoative of the departmental government to provide with plants of treatment of drinkable water to several municipalities of the region. All that, having in counts the legal national and international regulation, to contextual way, on the use of the drinkable water.

His last end is to analyze the strengths and weaknesses of the implementation and advances of the systems of treatment of drinkable water that have been given in Bucaramanga's Metropolitan area between 1994 and 2014, For this reason this work will be supported in the compilation and the qualitative and quantitative analysis of documentary written sources, of agreement by the limits of the Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) for the accomplishment of monographs of degree.

PROBLEMÁTICA

El acceso al agua potable en Colombia aún se encuentra bastante restringido, especialmente en las zonas rurales. En el caso de Santander, el gobierno departamental, en alianza con las alcaldías de los municipios y con el sector privado, ha venido realizando desde hace unos años atrás planes estratégicos, mediante concesiones, para lograr que el agua potable de calidad llegue a la mayoría de los municipios y zonas rurales del departamento. Desde comienzos de la década del 2000, municipios como Sabana de Torres, Cerrito, Betulia, Piedecuesta, San Vicente de Chucurí, Tona, Charta y Socorro han recibido dineros, con el fin de que construyan y pongan en funcionamiento acueductos y sistemas de alcantarillado. El Plan Departamental de Aguas (PDA), como se ha llamado al programa nacional creado para tal fin, ha sido el proyecto más importante aprobado por el Gobierno Nacional y por la Gobernación de Santander, en cumplimiento con lo estipulado por la Ley 142 de 1992, que establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios para todos los municipios del país.

En la actualidad, varios municipios del departamento han sido beneficiados por los objetivos del PDA, aunque no al mismo nivel. Incluso otros más no han sido tenidos en cuenta, o no han comenzado a realizarse las proyecciones ni las mediciones necesarias para comprender su grado de necesidad. Por ello, aunque se ha creado y puesto en marcha un plan estratégico de tratamiento de agua potable en Santander que abarca a todas sus cabeceras municipales, existen desbalances en, por ejemplo, la velocidad de las obras, los

dineros distribuidos y los alcances reales que pueden lograr cada uno de los proyectos micro que se han venido desarrollando en las diferentes zonas del departamento.

Partiendo de ahí, surge la necesidad de entender cómo ha sido la evolución de estos planes y propuestas de desarrollo de sistemas de tratamiento de agua potable en Santander, pues es la base para comprender los *porqués* y los *cómos* de un flagelo que ha sido parte constante de la cotidianidad de la mayoría de los santandereanos, especialmente de las zonas más alejadas a Bucaramanga. Para ello, es preciso realizar un análisis fundamentado sobre las diferentes variables que han jugado en este proceso de acondicionamiento de sistemas de tratamiento de agua potable en Santander, pues de su comprensión se desprende la posibilidad de realizar críticas constructivas y propuestas a futuro, con el fin de mejorar las condiciones tanto de los trabajos que se han venido realizando como de los habitantes de las zonas afectadas por la poca accesibilidad al agua potable, un problema que necesita de una imperativa solución. Por estas razones, la pregunta que esta investigación busca responder es: *¿cómo ha sido la evolución de los sistemas de tratamiento de agua potable en Santander desde 1994 hasta 2014, teniendo en cuenta la documentación oficial disponible al respecto?*

OBJETIVO GENERAL

Exponer cómo ha sido la evolución de los sistemas de tratamiento de agua potable en Santander desde 1994 hasta 2014, teniendo en cuenta la documentación oficial disponible y la bibliografía publicada al respecto.

MARCO REFERENCIAL

El 28 de julio de 2010, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (2010) declaró que todas las personas tenían igual derecho al agua potable, como condición básica para la conservación de la salud y como un derecho indispensable, consagrado en la Declaración Universal de los Derechos Humanos, firmada durante la primera mitad del siglo XX. Asimismo, exhortó a todos los Estados miembros a que “proporcionen recursos financieros y propicien el aumento de la capacidad y la transferencia de tecnología por medio de la asistencia y la cooperación internacionales, en particular a los países en desarrollo, a fin de intensificar los esfuerzos por proporcionar a toda la población un acceso económico al agua potable y el saneamiento” (Asamblea General (p. 3).

Este tipo de pronunciamientos se han dado por una razón crucial: el acceso al agua potable es un privilegio que pocas personas tienen alrededor del mundo. En buena parte del planeta, el acceso al agua potable es totalmente restringido, y muchas de las personas que lo hacen no pueden adquirir la cantidad suficiente para tener una calidad de vida aceptable. En Colombia, este problema se encuentra presente en la mayoría de sus municipios, siendo urgente un sistema de tratamiento de agua potable que cubra la totalidad del país. Casi el 56% de los municipios colombianos poseen cobertura de agua potable para su casco urbano, mientras que la otra mitad no cuenta con un sistema similar. En el caso de las zonas rurales, el porcentaje baja al 36%. Además, en los planes de desarrollo de muchos municipios colombianos, especialmente en la región de la Amazonía, no se hace referencia al tema del manejo de agua potable ni a la manera como los entes gubernamentales esperan

afrontar el problema de la potabilidad y la accesibilidad de los habitantes de cada territorio (UNICEF, 2012).

De todas maneras, el acceso al agua potable, y la proliferación de sistemas para su tratamiento, en Colombia ha tenido un cambio exponencial, si se tienen en cuenta las cifras de los años noventa con respecto a las actuales. Así, a finales del siglo XX, el acceso regular a agua potable en el país era bastante limitado, siendo los cascos urbanos oasis, en medio de innumerables pueblos, corregimientos y poblados que debían surtirse a través de los ríos y las aguas lluvias. A comienzos del siglo XXI la mejoría es clara, aunque falta mucho por hacer. Para mediados del 2014, el 60% de los colombianos tenía acceso cotidiano al agua potable, cuya distribución era hecha por 191 empresas de acueducto acreditadas en todo el país. Y aunque la cifra aumentó considerablemente con respecto a años y décadas anteriores, los más importantes problemas permanecen centrados en la asequibilidad, la constancia y lo urbano del servicio (Portafolio, 2014).

En el caso de Santander, las cifras han mostrado una tendencia parecida a lo que ocurre en el resto del país. Mientras el acceso al agua potable en las ciudades y municipios del departamento es aceptable, y en algunos bastante sobresalientes, en las zonas rurales la cuestión es mucho más delicada, no existiendo, por ejemplo, censos ni cálculos confiables sobre el número de personas que reciben agua potable diariamente ni de la calidad del servicio. Piedecuesta es un ejemplo real de la actual problemática santandereana. De acuerdo con las cifras manejadas por la alcaldía municipal, Piedecuesta aproximadamente el 98% de los habitantes del municipio, 25.201 usuarios, accede diariamente a agua potable desde sus viviendas. El 2% restante no cuenta con este privilegio, esto es los barrios San Pedro-Granadillo parte alta, Villa San Juan parte alta y Halcón de Granada. Aun así, por la

expansión que Piedecuesta ha tenido en los últimos años, los índices reales de cobertura no son del todo acertados, además de que las cifras, en realidad, no tienen en cuenta al sector rural, lo que supone un margen de accesibilidad al agua potable mucho menor de lo que los números netos muestran:

“Para la zona rural en la actualidad no existe un censo de usuarios que permita determinar las necesidades y cubrimiento de los servicios de acueducto y alcantarillado (baterías sanitarias- pozo sépticos), sin embargo la gran mayoría de veredas poseen acueductos vereda que no alcanzan a cubrir la demanda de agua necesaria para prestar el servicio las 24 horas debido a falta de mantenimiento y mejoramientos en las redes de distribución y captación, así mismo se puede evidenciar que ésta gran mayoría no poseen planta de potabilización de agua, es necesario aplicar una política para el manejo adecuado de aguas negras ya que la gran mayoría van a las corrientes hídricas; según datos estadísticos el porcentaje de cubrimiento para la zona rural es de 53,1% para el acueducto, y el saneamiento básico de un 57,9%” (Alcaldía de Piedecuesta, 2014).

Teniendo en cuenta esto, para comprender cómo han sido descritos, entendidos y planificados los sistemas de tratamiento de agua potable en el país, se toman como referencia la Ley 42 de 1994 y la Ley 1176 de 2000. La primera de estas dos leyes acuerda el régimen de los servicios públicos domiciliarios. Esta ley determinó, en primer lugar, cómo el Estado intervendrá en la prestación de los servicios públicos, mediante el cumplimiento de nueve puntos principales (:).

1. “Garantizar la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios.
2. Ampliación permanente de la cobertura mediante sistemas que compensen la insuficiencia de la capacidad de pago de los usuarios.
3. Atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico.
4. Prestación continua e ininterrumpida, sin excepción alguna, salvo cuando existan razones de fuerza mayor o caso fortuito o de orden técnico o económico que así lo exijan.
5. Prestación eficiente.
6. Libertad de competencia y no utilización abusiva de la posición dominante.
7. Obtención de economías de escala comprobables.
8. Mecanismos que garanticen a los usuarios el acceso a los servicios y su participación en la gestión y fiscalización de su prestación.
9. Establecer un régimen tarifario proporcional para los sectores de bajos ingresos de acuerdo con los preceptos de equidad y solidaridad” (Ley 142 de 1994).

Asimismo, la Ley 42 de 1994 decretó que todos los municipios del país podrían “diseñar esquemas de financiación de inversiones en agua potable y alcantarillado, utilizando el sistema de valorización de predios de acuerdo con lo dispuesto por la ley”, al tiempo que estipuló que

“con el fin de garantizar el adecuado ordenamiento y protección de las cuencas y fuentes de agua, las fórmulas tarifarias de los servicios de acueducto y alcantarillado

incorporarán elementos que garanticen el cubrimiento de los costos de protección de las fuentes de agua y la recolección, transporte y tratamiento de los residuos líquidos. Igualmente, para el caso del servicio de aseo, las fórmulas tomarán en cuenta, además de los aspectos definidos en el régimen tarifario que establece la presente ley, los costos de disposición final de basuras y rellenos sanitarios” (Ley 42 de 1994).

En segundo lugar, la Ley 1176 de 2007, fomentó la creación y promoción de sistemas de tratamiento de agua potable en las diferentes regiones del país, bajo el respaldo de los entes gubernamentales, entendiendo el acceso al agua potable como un requisito básico para el normal funcionamiento de la sociedad y como un derecho básico demarcado en la Constitución Política de 1991.

- “1. Concurrir a la prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico mediante la promoción, estructuración e implementación de esquemas regionales.
2. Promover, coordinar y/o cofinanciar la operación de esquemas regionales de prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico.
3. Asegurar que se preste a los habitantes de los distritos o municipios no certificados en agua potable y saneamiento básico, de manera eficiente, los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico, en los términos de la Ley 142 de 1994.

4. Administrar los recursos del Sistema General de Participaciones con destinación para Agua Potable y Saneamiento Básico de los distritos y municipios no certificados, con excepción del Distrito Capital de Bogotá” (Ley 1176 de 2007).

En el mismo plano, la Ley 1176 de 2007 precisó que del total de los recursos destinados a los departamentos por parte del Gobierno Nacional, debería destinarse una parte a la creación y consolidación de proyectos de tratamiento y disposición de residuos líquidos y descontaminación de aguas residuales:

- a) Promoción, estructuración, implementación e inversión en infraestructura de esquemas regionales de prestación de los servicios, de acuerdo con los planes regionales y/o departamentales de agua y saneamiento.
- b) Proyectos regionales de abastecimiento de agua para consumo humano.
- c) Proyectos de tratamiento y disposición final de residuos líquidos con impacto regional.
- d) Proyectos de tratamiento, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos con impacto regional.
- e) Pago del servicio de deuda adquirida por el departamento para financiar infraestructura del sector de agua potable y saneamiento básico, en cumplimiento de sus competencias, en el marco del Plan Departamental de Agua y Saneamiento.

ESQUEMA TEMÁTICO

De acuerdo con los objetivos planteados para esta monografía de grado, el primer paso del trabajo ha sido recopilar la mayor cantidad de información oficial documental, impresa o vía web, disponible para Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta sobre plantas de tratamiento de agua potable, que haya sido publicada entre 1994 y 2014.

Posteriormente, se ha llevado a cabo un análisis cualitativo de fuentes documentales, para determinar cómo ha sido la evolución de los sistemas de tratamiento de agua potable en estos municipios durante los veinte años que ocupa esta monografía de revisión bibliográfica, con el propósito de determinar los cambios y las permanencias en el sistema mismo.

Por último, todos los datos, índices, noticias, publicaciones, etc., que han sido recopilados fueron ordenados esquemáticamente, con el fin de realizar una compilación que muestre el desarrollo temporal del sistema de tratamiento de agua potable en la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana, centrándose en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB) y en el Acueducto de Piedecuesta – Piedecuestana.

CAPÍTULO I

EL ACUEDUCTO Y EL AGUA POTABLE: SU DESARROLLO EN EL TIEMPO

Durante la época de auge y consolidación de Roma, imperio que llegó a dominar buena parte del mundo conocido durante la Antigüedad, el acueducto funcionó como uno de los instrumentos más importantes de su poderío. La idea romana fue llevar el agua de los ríos a las ciudades por medio de canales que se ramificaban conforme el territorio dominado iba creciendo, sin tener que eliminar las características unificadas para su captación, pero tampoco teniendo que ir hasta los cauces fluviales para tomar el líquido directamente: el agua entraba a las ciudades por medio de un canal principal y salía de ellas por las ramificaciones. De esta manera, si se cerraba la corriente de agua por un canal, el agua continuaba por otro ramal para poderse desaguar. Partiendo de ahí, los romanos construyeron sus acueductos teniendo en cuenta dos principios: en primer lugar, la necesidad de abastecimiento para el consumo humano y, en segundo lugar, la eficiencia en el transporte y la distribución del agua (De la Peña, 2010, p. 249).

El primero de estos principios hacía referencia a la necesidad que vieron los romanos, propia de la naturaleza humana, de beber agua limpia y saludable para el consumo. Las aguas transparentes, accesibles en las zonas que se encontraran lejos de los oficios de la agricultura y del pastoreo, eran indispensables para el sistema de salubridad romano, que tuvo como principio el exportar agua a sus colonias con bajos niveles de sabor y de mineralización. Por esta razón, los manantiales fueron un punto central de la expansión territorial del imperio, pues allí las aguas mantienen índices de salubridad y transparencia

bastante altos. De acuerdo con esto, y como argumenta José de la Peña (2010) las expediciones romanas para conseguir manantiales que pudieran abastecer de agua pura a las ciudades hicieron que el imperio construyera un sistema de ingeniería, basado en los acueductos, para el uso y el consumo del agua potable:

“una vez hallado ese manantial, río o cualquier fuente de aguas puras y saludables, la ingeniería hidráulica romana hacía el milagro de trasladar esas aguas saludables para que en vez de que corrieran montaña abajo, encauzarlas para llevar al río de montaña a la ciudad, canalizarlo y distribuirlo; pero siempre intentando mantener las condiciones en que se encontraba el agua en la montaña, esto es corriendo y fluyendo continuamente. Para ello, realizaban dos acciones específicas: preservando el agua del contacto con el exterior, e impidiendo que estuviera estancada; pero evitando velocidades altas que erosionasen y arrastrasen material en suspensión. Estas dos premisas condicionaban toda la red de abastecimiento a las ciudades, que fue evolucionando a lo largo de la dilatada historia de la Roma antigua, a la vez que el propio uso que los romanos hacían de ella” (p. 251).

Teniendo en cuenta esto, el sistema de abastecimiento del agua en las ciudades romanas se daba por medio de una red de conducciones, que se estructuraba, en primer lugar, por el canal principal que daba entrada a la ciudad, casi siempre de forma subterránea, atravesando los muros que delimitaban las villas del imperio. Los canales principales distribuían el agua que se encontraba en los depósitos, a la manera de surtidores. A partir de ahí, el abastecimiento se daba hacia lugares públicos y fuentes que podían

utilizar la mayoría de los habitantes de las urbes. De igual manera, las casas de baño se hicieron cada vez más famosas en Roma, contándose más de novecientas durante el siglo IV a.C. Eso sí, aunque el agua era de consumo público, el sistema de distribución era otorgado a concesiones privadas, que la mayoría de las veces recaía en las personas más notables de las ciudades (De la Peña, 2010, p. 252).

Ilustración 1. Acueducto romano en la ciudad de Segovia, España



Fuente: abc.es

De todas maneras, al igual que ocurre con los sistemas de tratamiento y distribución de agua potable en las ciudades actuales, conforme las urbes en el imperio iban creciendo fue necesario cambiar la manera como el agua llegaba a las zonas públicas, ampliando los canales y exigiendo mucho más a las fuentes. Las conducciones, a diferencia de lo que ocurría al principio, comenzaron a tener derivaciones antes de llegar a las ciudades, que se

encontraban interpuestos por desarenadores y fuentes de aluviadero, que también estaban concedidos a particulares ilustres, aunque hubo cambios con respecto a las jerarquías de los entes que controlaban el acceso al agua. Así lo expone De la Peña, (2010): “las concesiones del emperador, los particulares, los cuarteles, las obras públicas, las fuentes ornamentales, y las fuentes públicas o surtidoras, alguno de ellos actuando como en el esquema anterior de fuentes de aluviadero” (p. 253).

El agua domesticada fue un importante punto de la política expansionista del Imperio Romano, pues buena parte de los discursos que legitimaban la dominación romana en los territorios que iban siendo conquistados radicaban en la idea de que el imperio llevaba consigo adelantos que no habían existido antes en aquellos lugares, interpretando esto, tanto desde la perspectiva de los conquistadores como de los conquistados, como el comienzo de la Historia de los pueblos subyugados. En otras palabras, los romanos, una vez incluían los territorios al imperio por medio de las redes de acueducto y demás protocolos, comenzaban un proceso de resignificación histórica en el que se plasmaba a Roma como la *madre* de los pueblos anexados (Sánchez & Gozalbes, 2012, p. 12, 13). De esta manera, el agua potable poseyó en la Antigüedad una trascendencia política que ha ido manteniéndose durante buena parte de la historia de la civilización occidental:

“La existencia de aprovisionamiento de agua constituía una de las condiciones para que existiera la ciudad romana, no sólo como elemento de vida sino también de representación de las elites sociales. Como característica principal, se trataba de un suministro de agua domesticada, que marcaba por su dominio y provisión de una muestra del dominio de la *Civitas* sobre la *rusticitas*, por tanto las

transformaciones de la romanización sobre la barbarie. Y de igual manera que el foro monumental marcaba la propaganda de la grandeza de Roma, completada con la autorepresentación de la elite, más allá de los elementos de rusticidad en otras zonas de la urbe, los componentes del dispositivo de abastecimiento de agua, y en especial los acueductos bien visibles, constituían un elemento más de esa propaganda. Si la gran obra de fábrica para disponer de agua estaba financiada por unos particulares concretos, el fenómeno bien conocido del *evergetismo*, se cerraba el círculo de la propaganda del poder. El mismo justificaba su eficacia como elemento de no discusión y de legitimación social” (p. 14)

Durante la Edad Media Europea, después de que el Imperio Romano de Occidente cayó en el siglo IV d.C, la cercanía a los ríos continuó siendo un punto clave para el abastecimiento de agua, tanto para las zonas feudales como para las decaídas ciudades. Además, por la influencia de la teología cristiana, el agua pasó a tener un significado religioso, espiritual y muchas veces supersticioso. El agua, siguiendo a la tradición judía, ensalzó la idea de la pureza. De igual manera, y en el lado opuesto, el agua también representó para los europeos del Medio Evo la idea de castigo. Dios condenó al mundo por sus pecados a un diluvio que exterminó casi por completo a los humanos. De esta forma, el agua y su uso y tratamiento en los siglos previos al descubrimiento de América tuvo connotaciones que desbordaron lo meramente técnico, cuestión que se evidenció precisamente en las formas en las que el agua fue llevada a la población (Puche, 2010, p. 106).

Por esta razón, los acueductos romanos, que tanto habían sido desarrollados en buena parte de Europa Occidental durante la Antigüedad, perdieron relevancia en la Edad Media. El agua, al ser concebido como un producto que purificaba por su esencia, no necesitó, a los ojos del sistema político medieval, ser tratada para el uso humano. Además, los ríos se convirtieron en conductores de los residuos que los habitantes de las ciudades y de las zonas feudales producían. Estas dos características hicieron que, a diferencia de lo que ocurría en la era imperial de Roma, durante el Medioevo el agua pasara a ser fuente de enfermedades, sin que la población tuviera mucha conciencia de ello, pues se le atribuyó un componente religioso que le hizo perder cualquier posibilidad de duda sobre sus beneficiosos. De todas maneras, se crearon sistemas humanos como el de los *portadores*, quienes eran los encargados de llevar agua limpia de ríos y lagos lejanos de la influencia de las poblaciones, con el fin de abastecer sin que se propagaran enfermedades (Lenntech, 2014).

Con la explosión de la primera industrialización en Inglaterra, que posteriormente se expandió a Francia, Países Bajos, Bélgica, Alemania y, con mucha más fuerza, a los Estados Unidos durante los siglos XVII, XVIII y XIX, el agua se convirtió en un componente indispensable para las fábricas y para la industria. La industria textil la fabricación de papel, entre otros, necesitaron de grandes cantidades de agua que iban llegando desde los ríos. Además, la industrialización trajo consigo contingentes de migrantes internos provenientes de las zonas rurales hacia las ciudades, situación que creó la necesidad de llevar agua potable a buena parte de las urbes en proceso de desarrollo, aunque la contaminación y la poca accesibilidad al líquido fue uno de los grandes

problemas sociales durante buena parte del siglo XIX, especialmente en los barrios más pobres de ciudades como Londres (UNICEF – Organización Enrédete, p. 6, 7).

En el caso colombiano, el sistema de acueducto tiene una historia más reciente. Durante la Colonia, las aguas eran poco tratadas y llegaban a sitios comunales, en donde la gente debía aprovisionarse del líquido. Sólo las casas de los más importantes personajes ilustres de ciudades como Santa Fe de Bogotá tenían acceso privado de agua en sus casas, por medio de canales que atravesaban los patios principales. Esto, claro está, contrastaba con la situación que vivían las ciudades durante el periodo precolombino, cuando el desarrollo urbanístico vino de la mano de un importante sistema de abastecimiento de agua potable para los pobladores de los cacicazgos, especialmente del altiplano cundiboyacense y de buena parte de los poblados cercanos, además de la importancia religiosa, cultural y espiritual que el agua tenía para las sociedades indígenas (Rodríguez, 2012).

Fue en el siglo XVIII cuando los acueductos comenzaron a hacer presencia, especialmente en la capital del Nuevo Reino de Granada. En Bogotá, el 30 de junio de 1757 se inauguró el Acueducto de Agua Nueva, que se alimentaba de las aguas del río San Francisco y las llevaba a la ciudad por medio de zanjales que pasaban por el Paseo de Agua Nueva hasta la Plaza Mayor. Durante las primeras décadas del siglo XIX también se llevó a cabo la construcción de otro acueducto en la actual zona de San Victorino, proyecto que estaba en concordancia con las serias dificultades que atravesó la ciudad en cuanto al abastecimiento y que continuaron hasta bien entrado el siglo XX, tiempo en el que empresarios privados se embarcaron en el proyecto de construir un acueducto que estuviera acorde con las necesidades de los pobladores de Bogotá, especialmente porque los

habitantes de la ciudad habían pasado de ser casi 40 mil a finales del siglo XIX a más de 100 mil durante las primeras décadas del siglo XX (Rodríguez, 2012).

Ilustración 2. Chorro de Quevedo, una de las principales fuentes públicas para el suministro de agua en Santa Fe durante la Colonia



Fuente: bogotatraveler.com

La Compañía de Acueducto de Bogotá comenzó funciones a finales del siglo XIX, pero sólo durante los años 1906 y 1909 hubo verdaderas acciones direccionadas a colmar las necesidades de abastecimiento del líquido en la urbe, precisamente cuando el contrato con el Acueducto, que era de índole privada, fue terminado por parte del Concejo, proceso que duró hasta 1914. A partir de ese año, el Acueducto Municipal de Bogotá tomó las

riendas del servicio, accesibilidad, suministro y tratamiento del agua potable en la ciudad, aunque la difícil situación financiera, por la falta de recursos, fue siempre una de las constantes que llevaron a que el servicio fuera deficiente y que no cubriera todos los espacios de la urbe. Como argumenta Rodríguez (2012), para finales de la década de los años veinte del siglo XX, en el Acueducto de Bogotá “los ingresos fueron de \$22.259.02 y los gastos de \$208.792.40”.

En el caso de la ciudad de Bucaramanga, el proyecto de construcción de un acueducto se dio a principios del siglo XX. El 29 de abril de 1916 se abrió paso formalmente a la existencia de un acueducto local, por medio de una escritura pública que fue firmada en la Notaría Primera de Bucaramanga, idea que había tenido en un primer momento el presbítero José de Jesús Trillos, después de ver el estado de la ciudad al finalizar la dolorosa Guerra de los Mil Días. Para este año, Bucaramanga contaba con una población de 24.919 habitantes, quienes no contaban con un sistema de suministro y tratamiento de agua potable. Todo lo contrario, cada poblador de la villa debía buscar, por sus propios medios, la forma de aprovisionarse del líquido, sin contar en ningún momento con ayuda gubernamental al respecto. Zonas como las de *Chorreras de Don Juan*, *Los Aposentos*, *Los Escalones* y *Las Piñitas* funcionaban como fuentes de recolección de agua potable, por medio del transporte en burro y con barriles (Martínez, 2006, p. 19, 28).

De igual manera, los habitantes de Bucaramanga carecían de instalaciones sanitarias en sus casas. Los hogares bumanguenses de principios del siglo XX continuaban con el sistema colonial que no contaban con baños al interior de los hogares, situación que obligaba a cada persona a acudir a los baños públicos diariamente, en sitios como *La Filadelfia*, *La Quinta Cadena* y las propiedades de Andrés Navas, un reconocido

hacendado local. De todas maneras, el proyecto de construcción de un acueducto que permitiera eliminar todas estas costumbres no tuvo buena recibida por parte de los pobladores, quienes consideraban que el aprovisionamiento tradicional era ya algo que pertenecía a la idiosincrasia de la ciudad y que debía mantenerse. Aun así, el acueducto continuó su proceso de formalización y construcción, que se situó cerca a la quebrada *Las Ranas*, a la manera de como lo habían ideado los romanos, lugar donde puede decirse que comenzó realmente la historia del acueducto en Bucaramanga (Martínez, 2006, p. 28, 29).

El nombre del acueducto fue Compañía Anónima del Acueducto de Bucaramanga y contó con un capital primario de 600 pesos otorgado por nueve importantes personalidades de la región, quienes junto con el presbítero Trillos se convirtieron en los administradores del acueducto. En el acta de constitución, que tuvo cuatro puntos principales, se delimitaron claramente las funciones de los nueve integrantes, los alcances que tendría el proyecto y el presupuesto con el que contaría:

“Con el número quinientos. En el Distrito municipal de Bucaramanga, Departamento de Santander, República de Colombia, a 29 de abril de mil novecientos diez y seis ante mí, Julio Castillo, Notario Primero del Circuito de Bucaramanga y los testigos instrumentales señores Doctor Martín Carvajal y Feliz (sic) Ribero, varones, vecinos del mismo circuito, mayores de edad, de buen crédito y en quienes no concurren ninguna causal de impedimento, comparecieron los señores Doctor José de Jesús Trillos, sacerdote católico; Clímaco Silva, comerciante; Antonio Castro Wilches, comerciante; Adonías Vega, Negociante; Eleuterio González, comerciante; Víctor M. Alarcón, Comerciante; Ezequiel

Alarcón, Comerciante; Francisco Padilla, Médico; Néstor Peralta, Dentista; Luis E. González Pinzón, Contador; José de Jesús García, Comerciante, quienes acordaron: PRIMERO, organizar una sociedad comercial anónima, que se denominará “Compañía Anónima del Acueducto de Bucaramanga” y tendrá su domicilio en esta ciudad. SEGUNDO, el objeto de esta sociedad será la construcción y explotación de un Acueducto que suministra agua a la ciudad de Bucaramanga, concediéndola por toma descubierta, o de tubería de hierro o madera, desde donde se crea más conveniente. TERCERA, la sociedad durará por el término de cincuenta años contados desde la fecha de esta escritura de construcción, pero se disolverá antes de llegarse a perderse el treinta (30%) de su capital, o si así lo resolvieran válidamente los accionistas que representen las dos terceras partes de las acciones suscritas. CUARTO, el capital de la sociedad será de seiscientos pesos (\$600) en oro, dividido en doce acciones de cincuenta pesos (\$50) oro cada uno” (Martínez, 2006, p. 33, 35).

Este acuerdo primario permitió ver la luz a uno de los proyectos más importantes de la región nororiental colombiana. Durante los años treinta, caracterizados por la depresión económica que vivió los Estados Unidos y que se expandió por buena parte Occidente, el presupuesto de la entonces Compañía Anónima de Acueducto de Bucaramanga tuvo que pasar por un proceso de reestructuración económica que impidió durante algunos años continuar con la expansión que había estado experimentando desde finales de la primera década del siglo XX. Por esos años el acueducto era administrado por la familia Puyana y encontraba su fuente de sustento en la aguada La Flora, siendo gratis el servicio para

escuelas, hospitales, asilos, mataderos y otras instituciones de atención pública, y mientras las zonas residenciales debían pagar, por cada unidad habitacional, una tarifa casi siempre muy pequeña pero que, se suponía debía servir para mantener el acueducto en buen estado y permitir su expansión territorial. El rendimiento para 1930 era del 20%, cifra bastante prometedora (Martínez, 2006, p. 49, 51).

Durante las siguientes décadas, la violencia bipartidista que tocó fuertemente a Santander, en la lucha entre liberales y conservadores por el poder que se extendió hasta finales de los años cincuenta del siglo XX, la organización del acueducto fue haciéndose más compleja y su crecimiento más evidente. Además, el proyecto social que había tenido desde su formación el acueducto se volvió más complejo, debido a que muchas personas que habitaban la ciudad de Bucaramanga aun no conocían a profundidad qué significaba un acueducto, que funciones tenía, por qué era importante su presencia local y cuál era su relevancia para el desarrollo tecnológico y cultural de Santander. Una de las tareas de la administración era, por tanto, mostrar a los ciudadanos y ciudadanas que el agua potable que provenía del sistema de acueducto era mucho más saludable que la que podía obtenerse de los ríos, los riachuelos o la lluvia. Además, y teniendo en cuenta la necesidad de contar con fuentes permanentes de agua, el acueducto tuvo que comprar terrenos en zonas aledañas de la ciudad, especialmente en sitios de *nacimiento de agua*, situación que creó algunos inconvenientes con propietarios, especialmente aquellos que veían la presencia del presbítero Trillos como una figura aliada del Partido Conservador y, por tanto, enemigo de la política santandereana, siempre aliada a los liberales (Martínez, 2006, p. 75, 77).

De todas maneras, durante esto mismos años las fuentes usadas para surtir el acueducto de Bucaramanga se expandieron más y más. Para los años cincuenta, se contaban

Las Golondrinas, El Fical, La Despensa, Los Canales, El Roble, El Barsil, El Puerto, La Araña, El Volante, La Peña del Indio, El Hoyo 1 y 2, Campo Hermoso, Las Ranas y El Gualilo. Así mismo, la red que sustentaba el sistema alcanzaba los 23.5 kilómetros, y se componía de tres túneles: uno, El Roble, construido en su mayoría a base de concreto, tenía una longitud de 347 metros, una altura de 1,5 metros y un ancho de 0,80 metros; otro, llamado El Volante, contaba con una longitud de 52,5 metros, 1,8 metros de altura y 0,9 metros de ancho; por último, el Kilómetro 3, que poseía 17 metros de longitud y similares medidas de altura y anchura. Este entramado estaba apoyado por una serie de puentes de concreto puestos en puntos estratégicos de la ciudad, que permitían una conducción segura del canal de conducción, cuya longitud era de aproximadamente 1.400 metros. Todos estos datos fueron expuestos al público, para que la ciudadanía de aquellos años tuviera la información necesaria para no dejarse llevar por las especulaciones que argumentaban un propósito maligno en la construcción y puesta en marcha del acueducto local (Martínez, 2006, p. 77, 78, 80).

Con la expansión de la urbanización que se vivió durante las décadas de los sesentas y los setentas en el país, la capacidad del acueducto de Bucaramanga también creció sustancialmente. Las unidades filtrantes, a partir de 1970, pasaron a ser cuatro y se situaron en La Flora, así como el taller de medidores que pasó a estar en un edificio construido en el barrio Morrorrico. De igual manera, el número de accionistas fue creciendo, hasta llegar, en 1971, a 1.697 cifra que coincidió con la entrada del servicio de acueducto a los barrios Alares, La Trinidad, El Reposo y Las Villas, lo que significó un aumento de los beneficiarios en veinte mil personas y 34.220 instalaciones domiciliarias, o sea aproximadamente 220.000 habitantes. Además, y teniendo en cuenta estos datos, la

capacidad de tratamiento alcanzó los 86.800 metros cúbicos diarios, mientras el gasto de consumo fue de 24.435.000 de metros cúbicos. Un año más tarde, las acciones suscritas fueron de 1.691.106, las inversiones fueron de \$3.331.000 pesos y las utilidades alcanzaron los \$4.801.000 pesos, a pesar de los inconvenientes con la ola invernal en el país (Martínez, 2006, p. 102).

En 1977, se adelantó la construcción para la conducción del Rio Tona, lo que redujo en muy buena medida las suspensiones del servicio en la ciudad. De igual manera, se realizó la optimización de la planta de Floridablanca, obra que fue de gran ayuda para el sistema de acueducto, pues la expansión de la ciudad era mucho mayor hacia el sur que hacia cualquier otro punto cardinal. Floridablanca era cada vez un territorio más habitado, por lo que la necesidad de contar con un buen servicio de suministro y tratamiento era más que imperativo. Con la planta del sur, el acueducto amplió su capacidad de tratamiento, pasando de 145 litros por segundo a 400 litros por segundo. Otra obra de gran importancia fue la instalación de tanques de distribución en Malpaso, con el fin de conducir las aguas hacia buena parte del área metropolitana y de la Ciudadela Real de Minas. Para 1979 el servicio de agua potable domiciliario llegaba a los barrios Provenza, Diamante I y II, Caldas, La Liberad, San Luis, Fontana, Santa Ana, Villabel y Los Lagos, trabajo que tuvo un costo de \$14.500.000 pesos (Martínez, 2006, p. 103).

La década de los ochentas comenzó para la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga con más de 500.000 personas que recibían el servicio, 117.200 metros cúbicos de consumo diario y un resultado de 46.805.930 metros cúbicos anuales. A partir de ahí, y a pesar de las grandes dificultades de orden social y político que atravesó el país, fueron haciéndose realidad grandes proyectos de infraestructura para el acueducto de

Bucaramanga. Uno de los más importantes, que se dio entre finales de los años ochenta y principios de los noventa, fue la implementación del servicio de agua potable domiciliario en el norte de la ciudad, especialmente en las zonas de *invasión*, fuertemente castigadas por la violencia y la pobreza que se habían expandido durante la década anterior. El agua llegó a barrios como Transición, Juan XXIII, África, Café Madrid, El Pablón, Los Colorados, Vijagual, Buenos Aires, Villa Mercedes, y otros 800 lotes de la misma zona. Otros barrios en los que se realizaron importantes obras fueron La Cumbre, San Expedito, Reposo, Santa Cruz de Girón, La Isla de Girón, El Canal I y II, El Carmen de Girón y Bellavista, todos ellos en los municipios de Floridablanca y Girón, ambos pertenecientes al Área Metropolitana de Bucaramanga (Martínez, 2006, p. 107, 116).

A comienzos del siglo XXI, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB), denominación que tomó la antigua CAMB a partir de 2004, buscó alinear sus políticas con respecto a los pronunciamientos y reglamentaciones internacionales. En 2005, por ejemplo, el AMB adopta el Pacto Global de la Organización de las Naciones Unidas, con el fin de seguir los lineamientos estratégicos en el campo de la Responsabilidad Social y Desarrollo Humano, con el fin de compaginar las necesidades del sector empresarial con el de los habitantes de las ciudades. En este punto, el Acueducto Municipal de Bucaramanga ha implementado tres bases estructurales para el desarrollo de su política social:

- “concebir los Servicios Públicos como factores generadores de bienestar y desarrollo social.

- Fomentar una visión empresarial adoptando el espíritu de la democracia y los valores de equidad y desarrollo humano.
- Fortalecer los conceptos de competitividad, eficiencia, efectividad y sostenibilidad en la Empresa cómo (sic) motores de progreso” (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P., 2005, p. 9)”.

Estos principios han ido adaptándose conforme ha transcurrido el tiempo y se han dado otras necesidades, pero también se han mostrado ventajas y avances. Uno de estos adelantos ha sido la construcción del Parque del Agua, situado en el barrio Morrorrico y que contó con una inversión de más de dos mil millones de pesos y que pasó a ser la sede administrativa y comercial del AMB. Todas estas adecuaciones han servido para que el acueducto de Bucaramanga haya sido acreditado por la Superintendencia de Industria y Comercio, de acuerdo con la norma NTC – ISO 17025, y obtenido la Certificación de Alta Calidad de ICONTEC ISO 9001:2000, en el módulo de Sistemas de Gestión de la Calidad al Proceso de Tratamiento para el Servicio de Suministro de Agua Potable. Por último, otro punto importante ha sido, desde el año 2005, que el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga ha abierto una planta de agua envasada, llamada Agua Viva, en la que se produce agua en botellas, bolsa, garrafa y granel (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P., 2014, Historia).

Ilustración 3. Sede actual del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB) en el Parque del Agua.



Fuente: amb.com.co

En la actualidad, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga tiene tres fuentes principales: el río Suratá, que posee un área aferente de 689 km^2 , con una confiabilidad mínima en el caudal de 95%, una captación de 1980 l/s, que se alimenta desde la Planta de Tratamiento de Bosconia; el río Tona, que nace en los páramos de Pescadero y Santurbán, cuya cuenca aferente es de $19,4 \text{ km}^2$ y sus principales afluentes son las quebradas Arnania, Golondrinas, El Roble, El Brasil, El Puerto, El Volante, Hoyos, Campo Hermoso y Ranas; por último, el río Frío, del que las aguas son captadas para el AMB de la parte superior de la antigua cervecería Clausen y cuya cuenca aferente es de $11,9 \text{ km}^2$ en total (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P., 2014, Fuentes de agua).

Otro acueducto que ha sido muy importante en la historia reciente de la ciudad y de su área metropolitana ha sido el de La Piedecuestana, adscrito a la Empresa Piedecuestana de Servicios Públicos Domiciliarios. Fue creado en el año de 1998, después de ser expedido por la Alcaldía de Piedecuesta el Decreto 172 del 17 de diciembre de 1997, de acuerdo con

lo promulgado por la Ley 142 de 1994. Este nuevo acueducto sirvió para dar mejor servicio a todos los habitantes del municipio de Piedecuesta y sectores aledaños (Piedecuestana de Servicios Públicos, 2014, Historia).

Ilustración 4. Planta de tratamiento del Acueducto de Piedecuesta, La Piedecuestana



Fuente: piedecuestanaesp.gov.co

El acueducto cubre el 100% de la zona urbana del municipio de Piedecuesta, mientras en los últimos años ha expandido considerablemente el servicio hacia los territorios rurales y considerados como semi-urbanos. La principal planta de tratamiento del acueducto es La Colina, la cual puede captar hasta 450 litros por segundo del Río de Oro, principal fuente de suministro. Además, el crecimiento de la cobertura ha sido constante en los últimos años, con un promedio de 3% anual. Para el año 2011, el acueducto suplía las necesidades de agua potable a aproximadamente 25.262 personas. Para 2012, la cifra

aumentó a 27.502, mientras en 2013 alcanzó las 30.764; en 2014, las 32.314; y en 2015, las 33.043. De este total, el 70% de los beneficiarios que reciben subsidios pertenecen al estrato 1, el 40% al estrato 2, y el 5% en el estrato 3. Esto ha supuesto que el acueducto deba realizar fuertes inversiones de presupuesto: “la inversión para el mejoramiento continuo del servicio de Acueducto del sector rural y expansión de redes en el 2013 fue de \$1.712.002.537,00 y para suministro en el sector urbano fue de \$1.451.283.130,00. Beneficiando a un aproximado de 5.700 personas con la construcción de 5.100 metros de longitud” (Piedecuestana de Servicios Públicos, 2015, Acueducto de Piedecuesta).

Estos dos acueductos, tanto el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga como el de La Piedecuestana, son los responsables del suministro y el tratamiento del agua potable en Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, municipios que contienen la mayoría de la población del departamento, lo que significa que la capacidad de estos dos centros es una de las más importantes del nororiente colombiano. Partiendo de ahí, además de la historia institucional de cada uno, es necesario realizar un recorrido detallado sobre la legislación que ha sustentado tanto su mantenimiento como los cambios que han ocurrido a lo largo de las últimas décadas con respecto a su funcionamiento, especialmente en el periodo comprendido entre 1994 y 2014, lapso de estudio de esta monografía. El siguiente subcapítulo se encargará de ello.

CAPÍTULO II

AGUA POTABLE, CONCEPTOS Y LEGISLACIÓN EN COLOMBIA: CAMBIOS Y PERMANENCIAS

El agua es el componente más importante para la conservación de la vida en el planeta Tierra. Está presente en la mayoría de los procesos bioquímicos de la naturaleza, pues sus componentes orgánicos e inorgánicos y sus propiedades fisicoquímicas son esenciales para buena parte de la estructura funcional del planeta. Así, por ejemplo, el agua es un solvente universal. Tiene la capacidad de disolver a la gran mayoría de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas, formando con ellas iones, complejos solubles e insolubles y partículas dispersas con diferentes tamaños y pesos. Desde la dimensión humana, el agua es necesaria para la eliminación de las sustancias que resultan de los procesos bioquímicos que se dan en el organismo, por medio de la orina y el sudor y de todo el sistema excretor. De todas maneras, en el caso de las personas, el agua no puede ser consumida desde cualquier fuente, pues su misma capacidad de irrigar el cuerpo puede también dar paso a la presencia de enfermedades. Por ello, para el consumo humano, el agua potable es indispensable (De Vargas, 2004, p. 20).

El agua, teniendo en cuenta su importancia vital para el mantenimiento de la vida, posee unas características físicas que la hacen perceptible a los sentidos humanos y son capaces de impresionarlos: turbiedad; sólidos solubles e insolubles; color; olor y sabor; temperatura, y pH. Estas características inciden directamente en las condiciones físicas del líquido y en la aceptación que este tiene:

- *Turbiedad:* la turbiedad se produce por partículas en suspensión o coloides como las arcillas, los limos, la tierra que ha sido dividida finamente, entre otras. Eliminar la turbiedad del agua es un proceso costoso en una planta de clarificación, aunque no es un proceso difícil de llevar a cabo. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, el agua apta para el consumo humano debe tener entre una o no más de cinco unidades nefelométricas de turbiedad (UNT), índice con el que se mide el nivel de turbiedad del agua, algo en lo que concuerda la Organización Mundial de la Salud.

- *Sólidos solubles e insolubles:* son los residuos resultantes como materia remanente después del proceso de evaporación y secado de una muestra de agua a determinada temperatura. Los componentes sólidos se dividen, al mismo tiempo, en varios otros: los sólidos totales, que son los que se perciben después de secar una muestra de agua, o sea la suma entre los residuos disueltos y los suspendidos, cuya determinación se da entre los 103°C y los 105°C; los sólidos disueltos, aquellos que se obtienen posterior a la evaporación de una muestra que haya sido filtrada; los sólidos de suspensión, que son todos los sólidos que se encuentran en aguas residuales, a excepción de los solubles y de los sólidos en fino estado coloidal; y sólidos volátiles y fijos, que son los que se pierden por calcinación a 550°C, mientras que al material restante se le denomina sólido fijo.

- *Color*: el color del agua puede deberse a diversas causas: extracción acuosa de sustancias de origen vegetal; descomposición de la materia; materia orgánica del suelo; presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos.
- *Olor y sabor*: el olor y el sabor del agua están íntimamente relacionados. La falta de sabor en el agua es un claro indicio, para los consumidores, de que el líquido está exento de contaminantes o componente poco recomendados. La presencia de algas y microorganismos en el agua pueden ser los causantes de sabores y olores determinados. De todas maneras, en el agua es posible detectar los cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo.
- *Temperatura*: la temperatura incide fuertemente en el retardo o en la aceleración biológica del agua, en la absorción de oxígeno, en la precipitación de determinados compuestos, en la formación de depósitos, en la desinfección, en la floculación, en la sedimentación y en la filtración.
- *pH*: el pH influye en la corrosión del agua y en su incrustación en las redes de distribución. En promedio, las aguas no contaminadas muestran valores de pH de 5 a 9, siendo este promedio mucho mayor si existe agua ácida. De todas maneras, un agua que no exceda el 9 de pH se la considera como potable (De Vargas, 2004, p. 23, 25, 26, 28, 30).

Teniendo en cuenta estas variables, la calidad del agua potable dependerá en buena medida de la presencia de determinados componentes químicos, que serán esenciales para el tratamiento del agua cruda y su potabilidad. Por esta razón, aunque el agua puede

contener cualquiera de los elementos químicos descubiertos hasta ahora, sólo podrán estas presentes ciertas cantidades de algunos de estos para que el líquido sea apto para el consumo humano. La siguiente tabla muestra los valores estándar con los que se mide la calidad del agua potable:

PARÁMETROS		REGULACIONES INTERNAS PRIMARIAS	GUÍAS DE CALIDAD PARA EL AGUA DE BEBIDA DEL CANADÁ-1978 (2)	GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY OMS, 1996 (3)
UNIDADES		NIVEL MÁXIMO DE CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE	VALOR GUÍA
Físicos				
Color	TCU		15	15
Sabor y olor		Aceptable		Aceptable
Turbiedad	UNT	5 ^a	5	5 ^b
Inorgánicos				
Aluminio	Mg/L			0,2
Amonio	Mg/L			1,5
Antimonio	Mg/L	0,006		0,005 ^(p)
Arsénico	Mg/L	0,05	0,05	0,01 ^c
Bario	Mg/L	2,0	1,0	0,7
Boro	Mg/L		5,0	0,3
Cadmio	Mg/L	0,005	0,005	0,003
Cianuro	Mg/L	0,2	0,2	0,7
Cinc	Mg/L		5,0	3
Cloro	Mg/L			5 ^d
Cobre	Mg/L	1,3 ^{na}	1,0	2 ^d
Cromo (total)	Mg/L	0,1	0,05	0,05 ^(p)
Fluoruro	Mg/L	4	1,5	1,5
Hierro	Mg/L		0,3	0,3
Manganeso	Mg/L		0,05	0,5 ^(p)
Mercurio	Mg/L	0,002	0,001	0,001
Nitrato (como N)	Mg/L	10	10	50
Nitrito (como N)	Mg/L	1	1,0	3
Ph			6,5 – 8,5	
Plata	Mg/L		0,05	(l)
Plomo	Mg/L	0,015 ^(na)	0,05	0,01
Selenio	Mg/L	0,05	0,01	0,01
Sulfato	Mg/L		500	250

Sulfuros (H ₂ S)	Mg/L	0,05	0,05 [@]
Sólidos disueltos	Mg/L	500	1000

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004

Ahora bien, existen diferentes parámetros químicos que son esenciales para las fuentes de abastecimiento de agua potable, que deben ser medidos de acuerdo con los índices de calidad. Los principales entes de medición a nivel mundial, que investigan sobre la presencia de componentes químicos en el agua y su aptitud para el consumo humano son la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) (2009), las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá (2014) y las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la Organización Mundial de la Salud (2008). Entre los principales componentes que son estudiados y medidos por estas entidades están:

Aceites y grasas: los aceites y las grasas presentes en el agua moldean su estética y le otorgan olores, sabores y apariencia característicos. De acuerdo con las normas y reglamentaciones de calidad internacional, el agua potable debe estar libre de aceites y grasas, aunque su presencia en el líquido no signifique problemas reales de salud en las personas.

Agentes espumantes: hacen referencia a todos los compuestos tensoactivos que producen diferentes niveles de espuma al momento en que el agua es agitada. Los detergentes de uso doméstico son los principales causantes de este fenómeno. Interfieren en buena manera en la capacidad de autodepuración de los recursos hídricos, por la inhibición de la oxidación química y biológica. Aunque no existe una medida precisa por parte de

organismos internacionales encargados de estas cuestiones, Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano recomiendan que el agua potable no posea espumas, ya que esto puede alterar su estética, así como su sabor y olor, y por tanto reducir las posibilidades de ser consumida.

Alcalinidad: se entiende como la capacidad que posee el agua para neutralizar ácidos. Los niveles de alcalinidad se encuentran mediados por factores como el pH, la temperatura y la fuerza iónica del agua. Asimismo, elementos como los bicarbonatos, los carbonatos, el hidróxido, el sulfuro, el bisulfuro, el silicato y el fosfato pueden contribuir a una mayor alcalinidad en el líquido. La alcalinidad es un punto esencial en el proceso de tratamiento del agua potable, puesto que reacciona con coagulantes hidrolizable durante el proceso de coagulación. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos no hace referencia alguna a los niveles de alcalinidad que debe tener el agua potable, aunque sí que una fuente acuífera no debe mostrar cambios bruscos en el contenido de alcalinidad, lo que significaría un deterioro en la calidad del agua.

Aluminio: el aluminio está presente de manera natural en el agua, tanto en formas solubles como en sistemas coloidales, concentrándose en la mayoría de las aguas superficiales en niveles entre el 0,1 y los 10 ppm. Las altas concentraciones de aluminio en el agua, que casi siempre están relacionadas con bajos niveles de pH, son contraproducentes para el consumo humano, por lo que la Organización Mundial de la Salud ha recomendado que la presencia de aluminio no sobrepase el 0,2mg/L en el agua potable.

Amonio: es la combinación de la reducción de las sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas, de acuerdo a tres factores principales: nitrógeno atmosférico producido por fijación química, proteínas animales o vegetales producto de la putrefacción por bacterias, y

reducción de nitritos. Concentraciones mayores a 0.1mg/L pueden significar contaminación del agua, especialmente de las residuales domésticas e industriales. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, es recomendable, para la bebida humana, un porcentaje guía de 1,5mg/L, teniendo en cuenta sobre todo criterios de aceptabilidad de la población sobre el líquido, pues el amonio en cantidades altas puede cambiar el sabor y el olor del agua.

Antimonio: en el agua, las concentraciones de antimonio son, la mayoría de las veces, cercanas a los 0,6mg/L, bajo estado de oxidación III o V. El antimonio presente en el agua puede conducir a problemas de colesterol. El agua potable, según los criterios de la Organización Mundial de la Salud debe tener entre 0,005mg/L y 0,6mg/L de antimonio para ser consumible.

Arsénico: el arsénico es un elemento bastante tóxico para la naturaleza humana. De todas maneras, este elemento puede encontrarse de manera natural en el agua, por lo que es necesario realizar procesos de tratamiento que lo mantengan en niveles aceptables para el consumo. En aguas naturales, las concentraciones de arsénico alcanzan los 10ug/L, pero para la potabilidad los niveles no pueden superar el 0,001ug/L.

Asbesto: el asbesto es un elemento que se ha introducido desde hace poco tiempo en el agua. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, las concentraciones en agua potable mayores a 7 millones de fibras de 10 micrómetros por litro pueden resultar peligrosas para el consumo humano, pues pueden alentar al desarrollo de pólipos intestinales benignos. La Organización Mundial de la Salud, por su parte, se ha abstenido de dar una cifra puntual, pues considera que la mayoría de las veces los niveles de asbesto que hay en el agua no representan un riesgo real para la salud de las personas.

Bario: al igual que el arsénico, el bario es un elemento con toxicidad bastante alta para los seres humanos. Dosis entre los 0,8 y 0,9 gramos de bario como cloruro de bario son consideradas como fatales, desencadenando en trastornos cardiacos, vasculares y nerviosos. De todas maneras, en el agua, potable o no, las concentraciones de bario tienden a ser bastante bajas, situándose en promedio en los 0,05mg/L. Por esta razón, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá tienen como límite permitido los 2mg/L para el agua potable, aunque la Organización Mundial de la Salud recomienda que no sobrepase el 0,7mg/L.

Boro: por no ser un elemento esencial para el mantenimiento de los organismos humanos, los niveles de boro permitidos en el agua potable, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, no pueden exceder los 0,3mg/L, aunque las Guías de Calidad para el Agua de Bebida del Canadá recomiendan que esta cifra no supere los 5mg/L, nivel muy superior al de la OMS, debido en parte a la poca y contradictoria información que existe sobre los efectos del boro en el organismo humano.

Cadmio: el cadmio en el agua proviene la mayoría de las veces de la corrosión de los tubos galvanizados por donde se transporta, por la erosión de los depósitos naturales, por los efluentes de las refinerías o por la escorrentía de líquidos que se desprenden de las baterías o de las pinturas. La ingestión de cadmio puede provocar graves daños en la salud humana, por lo que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos recomienda una presencia máxima del elemento de 0,005mg/L en el agua potable. La Organización Mundial de la Salud, por su parte, sólo admite 0,003mg/L.

Cianuro: aunque la presencia de cianuro no es muy común en el agua, cuando lo está puede ser bastante tóxico. Dosis de entre 50mg/L a 60mg/L pueden ser fatales para la vida humana. La EPA y las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá proponen que el agua potable no posea valores mayores a 0,2mg/L, mientras la Organización Mundial de la Salud recomienda 0,07mg/L.

Cinc: las concentraciones de cinc en el agua tienden a ser bastante bajas, a pesar de que es un elemento vital para el normal funcionamiento del organismo humano. Aunque 40mg/L de cinc en el agua potable pueden ser admitidos para su consumo, estas cantidades pueden generar mal sabor en el líquido, por lo que se recomienda no llegar hasta estos niveles. Las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá recomiendan que no se excedan los 5mg/L de cinc en el agua, mientras la OMS recomienda sólo 3mg/L.

Cloruro: el cloruro es otro de los elementos que no generan problemas en la salud humana, aunque sí puede producir mal sabor en el agua potable. Por esta razón, las agencias normativas recomiendan un límite de 250mg/L de cloruro en el agua potable, teniendo en cuenta las condiciones y las costumbres de los habitantes de determinadas sociedades.

Cobre: las concentraciones que mantiene la mayoría de las veces el agua natural, menores a 1mg/L, no tienden a ser perjudiciales para la salud humana. La mayoría de las veces, el cobre en el agua proviene de las tuberías y de la erosión en los depósitos naturales. De acuerdo con la EPA, son normales los niveles de cobre en el agua potable que no superen el 1,3mg/L, mientras las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá recomiendan un máximo de 1mg/L.

Cromo: el cromo es un elemento esencial para el correcto desarrollo de las habilidades humanas. Promueve, entre otras cosas, la producción de insulina. Según la EPA, los niveles máximos de cromo para el agua potable son de 1mg/L, mientras la OMS recomienda que estos no excedan los 0,5mg/L.

Dureza: se compone de la suma entre los cationes polivalentes que son expresados en la cantidad equivalente de carbonato de calcio. La dureza se relaciona directamente con el pH y con la alcalinidad. Debido a que no se conocen efectos adversos de la dureza en el cuerpo humano, las entidades encargadas de estipular la normatividad de calidad internacional no establecen un límite preciso sobre la dureza en el agua potable.

Fenoles: hacen referencia a los hidróxidos que se derivan del benceno y de su núcleo condensado. Se presenta en el agua cuando se descomponen hojas, materia orgánica, ácidos húmicos y flúvicos, pero también por deseos industriales. Las Guías de Calidad para el Agua de Bebida de Canadá recomiendan que los niveles de fenoles no superen en el agua potable los 2µg/L.

Fluoruros: el fluoruro es esencial para el proceso alimenticio humano, además de que combate la caries dental. De todas maneras, concentraciones demasiado altas del elemento en el agua potable pueden causar manchas en los dientes y debilidad ósea. Por esta razón, se recomienda un máximo de 1,5mg/L.

Fosfato: el fosfato se encuentra normalmente en el agua, aunque su presencia se tiende a asociar con la eutrofización, con el crecimiento de algas y con la acumulación de sedimentos. Debido a su presencia común en el agua potable, las instituciones internacionales de normativización no han estipulado niveles mínimos ni máximos de fosfato permitidos en el agua potable.

Hidrocarburos: los hidrocarburos que puedan encontrarse en el agua son la mayoría de las veces tóxicos. Por esta razón, todas las entidades internacionales recomiendan que los hidrocarburos deban estar ausentes en el agua potable, pues pueden causar daños en la salud humana.

Hierro: el hierro, que la mayoría de veces se encuentra en el agua potable, posee sales que normalmente no son tóxicas. Para la Organización Mundial de la Salud, los niveles de hierro en el agua para consumo humano no deben sobrepasar el 0,3mg/L.

Manganeso: la presencia de manganeso en el agua está asociada con la de hierro. De todas maneras, los niveles superiores a 0,5mg/L producen mal sabor para el consumo humano, además de promover la presencia de bacterias indeseables. Por esta razón, ninguna entidad internacional recomienda más de 0,5mg/L de manganeso en el agua potable.

Mercurio: el mercurio es considerado como un contaminante del agua. Es un metal pesado bastante maligno para los seres humanos, sobre todo si las dosis están entre los 20mg/L y los 50mg/L, pudiendo causar la muerte. Se recomienda, por tanto, que los niveles de mercurio en el agua potable no lleguen a superar los 0,001mg/L.

Nitritos y Nitratos: el nitrógeno es normalmente encontrado en el agua formando amoníaco, nitritos y nitratos. Los nitritos y los nitratos son bastante solubles en el agua, elementos que son comunes en las aguas acumuladas y en las que se usan en las zonas rurales. La Organización Mundial de la Salud estipula un valor guía provisional de 50 mg/L (N-NO₃) y 3 mg/L (N-NO₂), mientras que las Guías de Canadá recomiendan un máximo de 10 mg/L para el primero y un mg/L para el segundo.

Plomo: las concentraciones de plomo tienden a ser comunes en el agua, en cantidades diversas. De todas maneras, puede ser bastante tóxico, tanto para animales como

para seres humanos. Puede causar problemas en el sistema nervioso y en el cardiovascular. Por todo ello, la Organización Mundial de la Salud ha propuesto un límite máximo de 0,015mg/L en el agua potable.

Selenio: el selenio aparece en el agua por medio de residuos del sector minero, petrolero, industrial y de depósitos naturales. En los seres humanos, el selenio puede causar intoxicación. La EPA recomienda 0,05mg/L y la OMS junto con las guías canadienses 0,01mg/L (De Vargas, 2004, p. 16-47).

Todos estos elementos que pueden encontrarse en el agua natural y potable, y que los organismos internacionales han intentado mediar para la aptitud del consumo humano, también han sido parte de las preocupaciones del Gobierno colombiano en cuanto a la potabilidad del agua que es consumida en el país y a la presencia de determinados elementos que pueden causar problemas en los seres humanos o producir mal sabor u olor. Partiendo de ahí, a lo largo de los últimos veinte años se han dado diversos pronunciamientos nacionales, enmarcados en Leyes, Decretos y Resoluciones, que dan una base conceptual precisa sobre lo que el Estado colombiano entiende por *agua potable*, sus componentes y, sobre todo, lo que ha pretendido realizar para llevar a cabo su tratamiento.

La Constitución Política de 1991, en su artículo 365, estipuló que el Estado colombiano es responsable del bienestar de todos los ciudadanos del país, por lo que deberá velar por el bien colectivo en cuanto a la satisfacción de necesidades básicas como la salud, la educación, el saneamiento ambiental y el acceso al agua potable. Por esta razón, decretó la formalización de un Sistema General de Participaciones, presente en cada departamento, que sería el encargado de disponer de los recursos para suplir las necesidades prioritarias de

cada territorio, teniendo en cuenta que el gasto público social sería prioritario con respecto a cualquier otro gasto dispuesto para la Nación (Constitución Política de Colombia, 1991, art. 365, 366).

La base que sentó la Constitución Política permitió la aprobación de otras disposiciones gubernamentales con respecto al acceso de agua potable y su tratamiento. Una de estas ha sido la Ley 142 de 1994, que establece el régimen para los servicios públicos domiciliarios en Colombia. Esta Ley estipuló que todos los hogares colombianos, especialmente en las zonas urbanas, debían contar con un servicio público domiciliario de acueducto, cuyas funciones pasaban por “la distribución municipal de agua apta para el consumo humano, incluida su conexión y medición. También se aplicará esta Ley a las actividades complementarias tales como captación de agua y su procesamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y transporte” (art. 14). De igual manera, puntualizó que todas las entidades encargadas de prestar servicios públicos están obligadas a formalizar contratos de concesión y licencias para usar las aguas que pertenecen al Estado, por lo que será necesario que las autoridades competentes verifiquen la idoneidad técnica y la solvencia financiera de las empresas que deseen prestar dichos servicios (Congreso de Colombia, Ley 142, 1994, art. 25).

Para ello, esta misma Ley formalizó una Comisión de Regulación del Agua Potable y Saneamiento Básico, cuyos principios se enmarcan en el aprovechamiento y tratamiento del agua potable, teniendo como meta el acceso total del líquido a toda la población colombiana. Por esta razón, la Comisión de Regulación cuenta con las siguientes funciones:

“a) Promover la competencia entre quienes presten los servicios de agua potable y saneamiento básico o regular los monopolios en la prestación de tales

servicios, cuando la competencia no sea posible, todo ello con el propósito de que las operaciones de los monopolistas y de los competidores sean económicamente eficientes, se prevenga el abuso de posiciones dominantes y se produzcan servicios de calidad.

b) Establecer, por vía general, en qué eventos es necesario que la realización de obras, instalaciones y operación de equipos destinados a la prestación de servicios de acueducto, alcantarillado y aseo se sometan a normas técnicas y adoptar las medidas necesarias para que se apliquen las normas técnicas sobre calidad de agua potable que establezca el Ministerio de Salud, en tal forma que se fortalezcan los mecanismos de control de calidad de agua potable por parte de las entidades competentes” (Congreso de Colombia, Ley 142, 1994, art. 74).

La Comisión de Regulación del Agua potable deberá dar prioridad en la cobertura y suministro de agua potable a los sectores de estratos 1 y 2, los cuales también tendrán que ser beneficiarios de subsidios por parte del Gobierno Nacional para el pago por el servicio prestado a las unidades residenciales. La calidad en la cobertura fue, por tanto, uno de los pilares de la Ley 142 de 1994, la cual estipuló también que el Ministerio de Desarrollo y el Viceministerio de Vivienda, Desarrollo Urbano y Agua potable se encargarían de realizar los diseños necesarios para ampliar las zonas a donde llega el agua potable en el país sin sacrificar la calidad del agua que bebieran los colombianos y las colombianas (Congreso de Colombia, Ley 142, 1994, art. 160, 162)

Por último, la misma Ley señaló que el sistema de alcantarillado de las ciudades de todo el país debía contar con la posibilidad de recoger residuos, en su mayoría líquidos,

mediante tuberías y conductos. Todo esto, claro está, sería posible por aportes tarifarios que deben dar todas las unidades residenciales que tengan a su disposición un sistema de alcantarillado y tratamiento de agua potable y de residuos líquidos y sólidos. El artículo 164 así lo aclaraba:

“Con el fin de garantizar el adecuado ordenamiento y protección de las cuencas y fuentes de agua, las fórmulas tarifarias de los servicios de acueducto y alcantarillado incorporarán elementos que garanticen el cubrimiento de los costos de protección de las fuentes de agua y la recolección, transporte y tratamiento de los residuos líquidos. Igualmente, para el caso del servicio de aseo, las fórmulas tomarán en cuenta, además de los aspectos definidos en el régimen tarifario que establece la presente Ley, los costos de disposición final de basuras y rellenos sanitarios” (Congreso de Colombia, Ley 142, 1994, art. 164).

De igual manera, la Ley 373 de 1997 estableció los parámetros necesarios para el ahorro y conservación del agua potable, tarea que, tal como lo dejó claro la Ley 143 de 1994, estaría a cargo de la Comisión Reguladora del Agua Potable. Uno de los puntos más importantes de esta Ley fue el apartado que promovía los incentivos tarifarios con el fin de que los ciudadanos ahorraran agua de manera activa, por medio de la localización de consumos básicos y máximos, así como el haber definido la necesidad de mantener actualizada la información sobre niveles de accesibilidad, consumo y tratamiento de agua potable en todo el país, con el fin de definir las prioridades en la población y, de esta manera, asignar recursos a los

municipios y a los entes encargados (Congreso de Colombia, Ley 373, 1997, art. 7, 8).

Otra disposición gubernamental muy importante para comprender la normatividad sobre los sistemas de tratamiento de agua potable en el país ha sido el Decreto 475 de 1998, con el que se expidió la *Norma Técnica de Calidad del Agua Potable*. Este Decreto, a pesar de haber sido derogado por el artículo 35 de del Decreto 1575 de 2007, definió los principales conceptos sobre el proceso de calidad, tratamiento y conservación de agua potable en el país, algunos de ellos bastante relevantes para los objetivos de este trabajo monográfico:

- *Agua cruda*: es el agua que no ha pasado por ningún proceso de tratamiento.
- *Agua para consumo humano*: es el agua utilizada para el consumo humano y para el lavado y la preparación de alimentos.
- *Agua segura*: es aquella que puede ser consumida por personas, sin que haya pasado por los procesos de tratamiento que estipula el Decreto 475 de 1998.
- *Análisis organoléptico*: olores, sabores y percepciones visuales de objetos que se encuentran en el agua, ya sea flotando o suspendidos.
- *Análisis físico-químico de agua*: pruebas de laboratorio que se realizan para determinar las características físicas y química del agua.

- *Calidad del agua:* se refiere a las características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas que posee el agua.
- *Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA):* es la entidad encargada de estipular las políticas para el control, la administración y la eficiencia de los servicios públicos domiciliarios en Colombia.
- *Contaminación del agua:* alterar los componentes organolépticos, físicos, químicos, radiactivos y microbiológicos del agua, ya sea por procesos naturales o por intervención de las actividades humanas.
- *Control de la calidad del agua potable:* se refiere a los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos llevados a cabo sobre el agua, desde cualquier punto del sistema de distribución, teniendo como meta comprobar el normal y óptimo funcionamiento de la red.
- *Criterio de calidad del agua potable:* valores establecidos para comprobar la calidad del agua potable.
- *Ensayo de tratabilidad:* son los estudios que se hacen desde una planta piloto o desde un laboratorio, hacia una fuente específica de abastecimiento con el fin de establecer las posibilidades de aplicación de un sistema de tratamiento determinado.
- *Fuente de abastecimiento:* cualquier recurso de agua que es utilizado en un sistema para el suministro de agua.
- *Índice coliforme:* es el número deducido de microorganismos coliformes que existan en cien centímetros cúbicos (100 cm³) de agua, en el que el

resultado es expresado a la manera del Número Más Probable (NMP), de acuerdo con el método de tubos múltiples y por el número de microorganismos con el método del filtro por membrana.

- *Plan operacional de emergencia:* es el proceso que se lleva a cabo de manera escrita para permitir a las personas que prestan el servicio público de acueducto que atiendan efectivamente cualquier emergencia.
- *Planta de tratamiento:* hace referencia a las obras, los equipos y los materiales que se usan para efectuar procesos con el fin de cumplir con las normas de calidad referidas para el agua potable.
- *Planta piloto:* Es un modelo de planta de tratamiento que funciona como simulador de operaciones, procesos y condiciones hidráulicas que se llevan a cabo en la planta de tratamiento real, mediante el uso del agua de la fuente de abastecimiento.
- *Sustancias flotantes:* Son todos los materiales que se encuentran en la superficie del agua y que influyen de alguna manera en su apariencia.
- *Tratamiento:* conjunto de operaciones y procesos realizados sobre el agua cruda, para modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas con el fin de hacerla potable.
- *Valor admisible:* valor establecido para la concentración de un componente o sustancia, con el fin de demostrar que el agua para el consumo humano no significa un riesgo para la salud.

- *Vigilancia de la calidad del agua:* son todas las actividades llevadas a cabo por las autoridades competentes, tanto a nivel nacional como departamental y municipal, para comprobar, examinar e inspeccionar el cumplimiento de la normatividad vigente sobre la calidad del agua potable (art. 1).

De igual manera, este Decreto estipuló los diferentes valores que el sistema colombiano utilizaría para el uso y tratamiento de agua potable. Así, por ejemplo, la siguiente tabla, tomada del Decreto mismo, muestra los elementos y compuestos químicos que pueden estar presentes en el agua y que, si exceden ciertos niveles en el agua pueden causar daños reales en la salud humana:

CARACTERISTICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR ADMISIBLE mg/L
Aluminio	Al	0.2
Antimonio	Sb	0.005
Arsénico	As	0.01
Bario	Ba	0.5
Boro	B	0.3
Cadmio	Cd	0.003
Cianuro libre y disociable	CN ⁻	0.05
Cianuro total	CN ⁻	0.1
Cloroformo	CHCl ₃	0.03
Cobre	Cu	1.0
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	0.01
Fenoles totales	Fenol	0.001
Mercurio	Hg	0.001
Molibdeno	Mo	0.07
Níquel	Ni	0.02
Nitritos	NO ²	0.1
Nitratos	NO ³	10
Plata	Ag	0.01
Plomo	Pb	0.01
Selenio	Se	0.01
Sustancias activas al azul de metileno	ABS	0.5

Grasas y aceites	-	Ausentes
Trihalometanos Totales	THMs	0.1

Fuente: Decreto 475 de 1998

Asimismo, esta disposición formuló los índices de calidad química que el agua potable en Colombia debía poseer para que no generara problemas de tipo económico o de salubridad pública en el país:

CARACTERISTICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR ADMISIBLE mg/L
Calcio	Ca	60
Acidez	CaCO ³	50
Hidróxidos	CaCO ³	<LD
Alcalinidad Total	CaCO ³	100
Cloruros	Cl ⁻	250
Dureza Total	CaCO ₃	160
Hierro Total	Fe	0.3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0.1
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	250
Zinc	Zn	5
Fluoruros	F ⁻	1.2
Fosfatos	PO ₄ ⁻³	0.2

Fuente: Decreto 475 de 1998

En el año 2000, fue publicado el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS-2000, el cual, en su Título C, estructuró en buena medida cómo debían ser los sistemas de tratamiento de agua potable en Colombia durante el nuevo milenio. En más de 170 páginas, este Reglamento planteó los lineamientos para la idoneidad de las plantas de tratamiento. Así, por ejemplo, se refirió a los requisitos que debían cumplir en cuanto a la ubicación de las mismas (:).

- “1. Disponibilidad de la tierra (precio e impuestos).
2. Investigación geotécnica previa para establecer la condición geológica del sitio (estrato del subsuelo y monitoreo de las aguas subterráneas).
3. Selección del sitio donde el agua cruda puede gravitar desde la fuente hasta la planta, en último caso por bombeo.
4. Selección de un sitio cercano a un lugar donde pueda tomarse la energía eléctrica y/o un sitio de depuración (manejo de lodos facilitado).
5. Establecer las condiciones climáticas del sitio.
6. El acceso motorizado a la planta debe ser posible (carros y camiones)” (RAS-2000, título C, 17).

De igual manera, expuso la reglamentación para el diseño y desarrollo de un sistema de potabilización, teniendo en cuenta aspectos como la calidad del agua y su tratabilidad. Para ello, formalizó algunos pasos como: pretratabilidad, coagulación o mezcla rápida, floculación, sedimentación filtración, desinfección, estabilización y ablandamiento, control de sabor y olor, y desferrización y desmagnetización. Junto a esto, se tuvieron en cuenta otras variables como el uso de tecnologías alternativas y el manejo de los lodos, que debían llevarse a cabo en un lugar concreto, que cumpliera con toda la normatividad, como tener una sala de dosificación y cloración, bodegas de almacenamiento, una sala de control, un depósito de reactivos y material de laboratorio, una oficina para el administrador de la planta, un cuarto de aseo, un parqueadero, una sala de planoteca y reuniones, etc. En otras palabras, El RAS-2000, Título C, ha sido el texto reglamentario más completo que se ha

publicado en el país con respecto a los sistemas de tratamiento de agua potable en el país, guía técnica que tuvieron que seguir todos los acueductos a partir de esa fecha.

Por otra parte, el Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Protección Social, que derogó el ya reseñado Decreto 475 de 1998, estableció el *Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para el Consumo Humano*. El objetivo de este Decreto fue establecer las pautas necesarias para la protección y el control de la calidad del agua potable en el país, con el fin de supervisar, prevenir y controlar los riesgos que el líquido pueda tener para el consumo humano, a excepción del agua envasada, que ha sido regulada por otras disposiciones (Presidente de la República, Decreto 1575, 2007, art. 1). Para ello, varias instituciones públicas de carácter nacional tendrán la responsabilidad de velar por la calidad del agua potable en el país y, por tanto, de su tratamiento efectivo: la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el Instituto Nacional de Salud, las direcciones departamentales, distritales y municipales de salud y las demás personas prestadoras (Presidente de la República, Decreto 1575, 2007, art. 8, 9). De igual manera, formuló la necesidad de contar con un Índice de Riesgo Municipal por Abastecimiento de Agua para Consumo Humano (Irabam), teniendo en cuenta la ponderación de los factores de:

“1. Tratamiento y continuidad del servicio de los sistemas de acueducto;

2. Distribución del agua en el área de jurisdicción del municipio correspondiente, que pueden afectar indirectamente la calidad del agua para consumo humano y, por ende, la salud humana” (Presidente de la República, Decreto 1575, 2007, art. 13).

La Ley 1176 de 2007, por su parte, dictó el *Sistema General de Participaciones*, con el que se formalizaron políticas específicas en todo el país para el sector educativo, el de salud y el de suministro y tratamiento del agua potable en las zonas urbanas, tarea para la cual los municipios y departamentos recibirían una cantidad precisa de recursos que distribuirían en porcentajes puntuales: 58,5% para la participación en educación, 24,5% para la participación en salud; 5,4% para la participación en agua potable y saneamiento básico y 11,6% para la participación en propósitos generales (Congreso de la República, Ley 1176, 2007, art. 3, 4). Los distritos y municipios serían, entonces, los encargados y responsables del suministro y tratamiento del agua potable, teniendo que cumplir con cada uno de los requerimientos hechos por el Gobierno Nacional, con el fin de velar por el bienestar de todos los colombianos (Congreso de la República, Ley 1176, 2007, art. 7, 8, 10). En el caso del agua potable, los recursos del Sistema General de Participaciones serán girados directamente “al prestador o prestadores de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, a los patrimonios autónomos o a los esquemas fiduciarios que se constituyan o se prevean para el manejo de estos recursos, siempre y cuando la entidad territorial competente así lo solicite y en los montos que esta señale” (Congreso de la República, Ley 1176, 2007, art. 13).

La Resolución 04716 de 2010, por otro lado, buscó demarcar los puntos necesarios para que todas las entidades en el país encargadas del tratamiento del agua potable llevaran a cabo su labor de manera efectiva, de acuerdo con los planteamientos base para el consumo humano y la calidad misma del agua. Entre estas consideraciones estuvieron, por ejemplo, que los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios colombianos debían

proponer una política clara con respecto a las fuentes hídricas abastecedoras. De igual forma, esta Resolución formuló la necesidad de un mapa de riesgo para la calidad del consumo de agua potable en el país, mediante un seguimiento al plan de trabajo estipulado para reducir el riesgo sanitario y la actualización constante de dichos mapas, con el fin de llevar a cabo una labor que tenga en cuenta las necesidades humanas y la preservación de la salud (Ministerio de la Protección Social, 2010).

Por último, el Decreto 1350 de 2012, que reglamentó el artículo 130 de la Ley 1450 de 2011, formalizó los subsidios para las conexiones intradomiciliarias de estratos 1 y 2 de todo el país, con el fin de garantizar la efectividad de las conexiones de agua potable y saneamiento básico. Estas disposiciones se harían efectivas tanto en las zonas urbanas como en las rurales, teniendo en cuenta que buena parte de la infraestructura para el suministro y tratamiento del agua potable está financiada por recursos estatales (Presidente de la República, Decreto 1350 de 2012, art. 1, 2). Asimismo, este Decreto definió dos conceptos clave para el desarrollo de esta monografía (:).

“Conexión intra-domiciliaria de acueducto. Conjunto de tuberías, accesorios, equipos y aparatos que integran el sistema hidráulico del inmueble a partir del medidor, para el suministro de agua potable.

Conexión intra-domiciliaria de aguas residuales. Conjunto de tuberías, accesorios, equipos y aparatos instalados en un inmueble que integran el sistema de evacuación y ventilación de las aguas residuales hasta la caja de inspección final” (Presidente de la República, Decreto 1350 de 2012, art. 3).

En este punto es necesario aclarar que la normatividad colombiana que se centra en los sistemas de tratamiento de agua potable, ha estado fuertemente inspirada, como lo deja en evidencia este escrito, en los parámetros utilizados por instituciones internacionales y por los gobiernos de países industrializados, especialmente de Estados Unidos. Esto, en primer lugar, supone ajustarse a una reglamentación supranacional, que, por ejemplo, en el caso de la ONU o la OMS parece necesario llevar a cabo, pero, por otro lado, puede invisibilizar las necesidades reales de la población colombiana o no tocarlas demasiado profundamente, pues existen trasposición de métodos, formas y discursos, algo que puede crear problemas en cuanto a la real efectividad de los planes llevados a cabo por las empresas suministradoras y por los sistemas mismos de tratamiento de agua potable en el país.

De todas maneras, estas disposiciones gubernamentales han sido clave en la formalización y puesta en marcha de estrategias, proyectos y programas de tratamiento de agua potable en los dos acueductos que funcionan en la actualidad en la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana: El *Acueducto Metropolitano de Bucaramanga* (AMB) y el *Acueducto de la Piedecuestana*. Estas dos instituciones han tenido, a lo largo de los últimos veinte años, la tarea de cumplir los estándares permitidos para el uso y el consumo del agua potable por parte de los habitantes de Bucaramanga y los municipios aledaños, incluidas las zonas rurales, por lo que comprender los cambios, la planificación y la ejecución de la normatividad que han llevado a cabo en este proceso es de importancia básica para conocer si la ciudad ha mantenido los esquemas necesarios en cuanto al uso del agua potable. El siguiente capítulo se centra precisamente en esta cuestión, teniendo en

cuenta la documentación disponible al respecto, mediante una mirada crítica y analítica sobre cada punto a tratar.

CAPÍTULO III

EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA

3.1 UN SISTEMA EN EXPANSIÓN: CAMB Y PIEDECUESTANA, 1994 – 1999

Desde el año 1994, la administración de Bucaramanga se ha interesado cada vez más por estructurar un sistema eficiente de tratamiento de agua potable, en conjunto con las alcaldías de los municipios del área metropolitana, siguiendo los parámetros estipulados por instituciones como el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco Mundial, entidades que han sido, al mismo tiempo, la encargadas de dar sustento económico, por medio de préstamos, a buena parte de los proyectos puestos en marcha, y del Gobierno Nacional. De esta manera, por ejemplo, nació el programa *Plan de Agua 1995-1999 – Acueducto y Alcantarillado*, el cual tenía como propósito principal “alcanzar un cubrimiento de acueducto y alcantarillado acorde con el nivel y perspectivas de desarrollo del país, mejorar las condiciones de salubridad de la población y disminuir los desequilibrios regionales en el cubrimiento de los servicios”, objetivo que cubría a la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana (Infante, 1995, el Tiempo).

Buena parte de este proyecto de alcance nacional tuvo como fin llevar a cabo obras en infraestructura, teniendo en cuenta cuatro puntos esenciales: en primer lugar, la ampliación de la cobertura en cuanto a las plantas de tratamiento con una inversión total de \$1,1 billones de pesos; en segundo lugar, un plan de mejoramiento de la calidad del agua

potable, con un total a invertir de \$172.000 millones de pesos; en tercer lugar, lograr un aumento de la confianza y del control de pérdidas, por \$172,600 millones de pesos; y, por último, formalizar un proceso de saneamiento ambiental, con una inversión total de \$210,400 millones de pesos. Con ello, se esperaba que la totalidad de las zonas urbanas y el 70% de las zonas rurales del país contaran con servicio de agua potable permanente por medio de un acueducto municipal local. Además, se pondría especial atención en los municipios más pequeños y pobres, pues en estos era más visible el problema de la baja calidad del agua (Departamento Nacional de Planeación, 1995, p. 11, 12, 13).

Este dinero inyectado al proyecto tuvo, en buena medida, el fin de recuperarlos embalses y las fuentes de suministro, por medio de la formulación de planes de contingencia, con el fin de poder hacer frente a las difíciles condiciones hidrológicas que mantenía el país durante aquellos años. De igual manera, buscó, en primer lugar, hacer llegar el agua potable a más personas, familias y hogares en el país, tal como lo pretendía uno de los objetivos del Plan, y, en segundo lugar, reducir costos tanto para las empresas prestadoras de servicios como para el Ministerio de Desarrollo Económico y de Medio Ambiente, con la meta de utilizar esos recursos en la ampliación de la infraestructura y su mantenimiento. Para realizar esto, se tuvieron en cuenta siete puntos principales, que debieron ser tenidos en cuenta por todos los acueductos del país, incluidos los de Bucaramanga y su área metropolitana:

“i) diseño y desarrollo de un plan de macromedición para conocer la producción real de los sistemas y medir los caudales en redes matrices del sistema de acueducto; ii) actualización de planos de la red de acueducto, elaboración de un

catastro de redes y usuarios, y sectorización del área de distribución; iii) puesta en marcha de un plan de detección y control de fugas, y renovación de redes primarias y secundarias; iv) puesta en marcha de un plan para localización y control de conexiones clandestinas masivas y dispersas, y mejoramiento de la gestión comercial para la legalización y facturación de nuevos clientes; v) ejecución de un programa de rehabilitación y renovación de redes bajo consideraciones económicas; vi) diseño y puesta en marcha de un subprograma de micromedición para estimar los consumos a nivel de usuarios, incluyendo la revisión y reemplazo de medidores, revisión de acometidas y medición en grandes consumidores, y planes de mantenimiento de redes domiciliarias; y vii) desarrollo e implantación de instrumentos de software que faciliten todas las actividades del programa de control de pérdidas y fortalecer la gestión comercial” (Departamento Nacional de Planeación, 1995, p. 14, 15).

Teniendo en cuenta esto, la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (CAMB), comenzó a trabajar en 1995 en el proyecto de abastecimiento total de la capital santandereana y de los municipios de Floridablanca, Piedecuesta y Girón, por medio del Sistema General de Abastecimientos, cuya meta estaba trazada para el 2025, con un total de beneficiados aproximados de 1.600.000 habitantes (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P., 2014, Historia). Este proyecto estuvo en paralelo con el aprobado por el Concejo de Bucaramanga durante el mismo año, el *Plan de Desarrollo Económico, Social y Ambiental del Municipio de Bucaramanga*, en el periodo de 1995 a 1997. Este documento exponía que el agua potable llegaba al 98% de la población de Bucaramanga,

Floridablanca, Piedecuesta y girón, por medio de cinco plantas de tratamiento, cuya capacidad podría mantenerse intacta hasta 2003. Para llevar a cabo dicha proyección, se tuvo en cuenta comenzar a abastecer a los cuatro municipios santandereanos con las aguas provenientes de los ríos Manco, Antalá, Guayabales y Piedra Blancas (Concejo Municipal de Bucaramanga, 1995, p. 80, 81).

De esta manera, una de las estrategias fue lograr el desarrollo de fuentes nuevas de abastecimiento de agua potable en todo el Área Metropolitana, por medio del ensanche de los sistemas de tratamiento y distribución. Para ello, se formalizó la construcción del Tanque Mayor en el sector de Los Totumos y del tanque Villabel en el distrito bajo de Río-Frío; de la separación del Distrito Girón Alto; de la conducción y redes en el sector de Cañaveral Alto, de la reposición de redes en el caco antiguo del municipio de Piedecuesta, del refuerzo del tanque de Pan de Azúcar, del refuerzo de las redes en la Ciudadela y de Malpaso, y del diseño de la planta de tratamiento para el sur del Área Metropolitana (Concejo Municipal de Bucaramanga, 1995, p. 82).

Junto con estos procesos, en mayo de 1996, la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga decidió desmontar en dos metros cúbicos ($2m^3$) de agua mensualmente en el consumo complementario de agua potable en Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, hasta que en el mes de septiembre del mismo año pudiera alcanzar los cuarenta metros cúbicos en promedio. Todo ello, teniendo en cuenta lo estipulado por la Ley 142 de 1994, que buscó regular las tarifas básicas en el consumo de agua potable en todo el país (Ministerio de Desarrollo Económico, 1996, p. 1, 2). De igual manera, mientras el AMB reducía el consumo de agua potable en la capital santandereana y su zona metropolitana, Conalvías se embarcó en el proyecto de regular las aguas del río

Tona, que benefició en buena medida al embalse conectado con el acueducto de Bucaramanga. El plan se basaba en el diseño de obras de infraestructura y de asesoría, que tuvieran la capacidad de soportar 17,6 millones de metros cúbicos (m³) (Integral – Ingenieros y Construcciones, 2014).

A partir de 1997, la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga se embarca en el proyecto de realizar estudios de factibilidad y diseño de programas para controlar las pérdidas y controlar la optimización de la micromedición y la facturación, con el fin de controlar, entre otras cosas, fugas en redes y conexiones fraudulentas. De igual manera, se comenzó a trabajar en la potenciación de todo el sistema de tanques, con el fin de robustecer el servicio. Con esto se buscó mantener el servicio sin problemas hasta el año 2025, especialmente con la puesta en marcha de dos conducciones en canal, recogiendo aguas de los ríos Tona y Frío, por medio de las plantas de Floridablanca, Morrorrico y La Flora, además de un sistema de bombeo de agua potable proveniente del río Suratá, con suministro madre en la Planta de Bosconia (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P., 2014, Historia). De igual manera, este mismo año la Alcaldía de Piedecuesta, mediante la formalización del Acuerdo 057 de 1997, que se ratificó en el Decreto 172 de diciembre del mismo año, en concordancia con lo estipulado por la Ley 142 de 1994, aprobó el inicio de labores de la Empresa Piedecuestana de Servicios Públicos Domiciliarios de Piedecuesta (Piedecuestana de Servicios Públicos E.S.P), la cual ha sido la encargada del tratamiento y suministro de agua potable tanto para la cabecera urbana del municipio como para buena parte de las zonas rurales del mismo.

Para finales del siglo XX, la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga poseía un sistema de tratamiento y suministro de agua potable con cobertura

del más del 99% de la zona urbana de Bucaramanga, Floridablanca, y Girón, el 98% en el alcantarillado, y un 100% en cuanto a la continuidad en el servicio. Además, el AMB tenía un volumen de agua producida (en millones) de aproximadamente 74m^3 anuales y una cobertura de micromedición que rozaba el 99%. Esto le suponía un volumen de agua facturada al año de aproximadamente 51 millones de metros cúbicos (m^3) y una eficiencia en el recaudo del 92%, cifras que demostraban la sostenibilidad de la empresa y su importancia regional en los años siguientes (Banco Interamericano de Desarrollo, 2000, p. 2).

3.2 DESARROLLO Y CONSOLIDACIÓN DEL SISTEMA: 2000 – 2014

El nuevo milenio comenzó con una ampliación de la planta de tratamiento de agua potable de Bosconia, administrada por la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (CAMB) y que hacía parte del proyecto Suratá. Construida en 1980, la planta de Bosconia poseía tanques desarenadores, tanques pre-sedimentadores, una estación para el bombeo de las aguas tratadas, una estación eléctrica secundaria, una línea de impulsión, un sistema de redes y tanques de distribución de aguas (Robayo Meléndez, 2005, p. 75). Un año después, esta misma empresa llevó a cabo el Plan Estratégico hacia la Competitividad, el cual tenía como meta, entre otros, la construcción de nuevos centros de abastecimiento de agua, así como la construcción del Parque del Agua, ubicado en la Planta de Morrorrico (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P., 2014, Historia).

Ese mismo año, la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga firmó un contrato con el Banco Interamericano de Desarrollo, con el fin de ampliar la cobertura y mejorar los sistemas de tratamiento de agua potable que llegaban a los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón. Este proyecto significó, en buena parte la entrada de capitales privados en el manejo del agua potable en Santander, pues abrió las puertas para que inversionistas no estatales comenzaran a prestar dinero con el fin de hacer inversiones en infraestructura y servicios. Entre los puntos más importantes para el uso del dinero prestado fue la contención de las fugas, algo que se presentaba por la longevidad del sistema de tratamiento y abastecimiento de aguas. De esta manera, los sistemas de tratamiento de agua potable en la ciudad y en el área metropolitana vieron la presencia de nuevos actores, el sector privado en particular, algo que se evidencia en los objetivos que el proyecto CAMB-BID propuso para los años siguientes:

“a) aumentar la eficiencia y el abastecimiento confiable de agua de acuerdo con la demanda de los usuarios, y mediante el desarrollo de un plan de expansión de costo mínimo; b) definir una estructura tarifaria que refleje el costo económico de prestar el servicio y que maximice el aporte interno de recursos para la financiación del plan de inversiones; c) lograr la participación del sector privado, maximizando sus riesgos y aportes al plan de inversiones; d) minimizar los riesgos comerciales y los aportes a asumir por el sector; y e) determinar si son necesarios los aportes de la Banca Multilateral y bajo que modalidad, vía financiamiento privado, o una combinación de recursos público y privados, para garantizar el cierre financiero del proyecto” Banco Interamericano de Desarrollo, 2001, p. 3).

Un año después, el Plan de Ordenamiento Territorial propuesto por el Concejo de Bucaramanga, y aprobado en el 2002, estipuló la necesidad de encontrar nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable para la ciudad, con el fin de mejorar el servicio y de ampliar la cobertura. Para ello, se tuvieron en cuenta algunos puntos esenciales como la necesidad de estudiar la oferta hídrica y la demanda social de agua potable; la realización de controles permanentes en la calidad de las corrientes de agua; la implementación de nuevas tecnologías para la reutilización del agua potable; y el fomento del uso racional y eficiente del agua potable por parte de los habitantes de la ciudad. Para ello, se decretó una ampliación de la compañía de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, con el fin de operar, suministrar y abastecer agua potable a la gran mayoría de la población bumanguesa y de los municipios aledaños. Para llevar a cabo dicho proyecto, tal como venía ocurriendo desde el año 2000, se contempló la idea de recibir, a modo de préstamos o de inversión, presupuesto de empresas privadas nacionales o extranjeras o de instituciones intercontinentales, como el Banco Interamericano de Desarrollo (Concejo de Bucaramanga, 2002, p. 8 – 11).

En el año 2003, los cálculos de consumo de agua potable para Bucaramanga llegaban a los $19,6 \text{ m}^3$, un poco por encima de la media nacional, que alcanzaba los $18,95 \text{ m}^3$ por habitante, aunque muy por debajo de los $25,3 \text{ m}^3$ promedios por habitante en Bogotá, los $24,51 \text{ m}^3$ de Valledupar y los $21,05 \text{ m}^3$ de Cali (Granada Carvajal, 2011, p. 53). De este consumo total de agua potable por individuo se derivan los más de 73 millones de metros cúbicos que la Compañía de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga suministró a la ciudad y su área metropolitana, por medio de las plantas de Bosconia, La Flora, Morrorrico y Floridablanca (El Tiempo, 2004). Estas cifras permitieron que la Compañía

del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, ahora Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB), fuera acreditada en 2004 por la Superintendencia de Industria y Comercio, con la certificación de la norma NTC – ISO 17025, lo que le significó un espaldarazo institucional, entre otros, por sus sistemas de tratamiento de agua potable, algo que se consolidó en 2005 con la Certificación de Calidad ICONTEC ISO 9001:2000, por la gestión de la empresa (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, 2014, Historia)

Estos cambios estuvieron, también, rodeados por los planes de desarrollo que la Alcaldía de Bucaramanga impulsó en 2004, entre los que se incluyeron un aumento de cobertura en el suministro de agua potable en la ciudad, centrándose en la adquisición de nueva tecnología y en la localización y aprovechamiento de nuevas fuentes, que potenciaran el funcionamiento de las cuatro plantas de tratamiento existentes en Bucaramanga y en el área metropolitana. Para ello, se contó con un presupuesto de \$4.943.701.925 de pesos, que aumentaría a \$5.240.324.041 pesos, cuyo uso sería supervisado por la Alcaldía de Bucaramanga. De igual manera, fue aprobado un crédito de \$5.000.000.000 de pesos, supeditados al Sistema General de Participaciones, programa de alcance nacional (Alcaldía de Bucaramanga, 2004, p. 15, 16, 44).

A partir de 2008, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB) ha publicado informes anuales sobre sus sistemas de tratamiento de agua potable y la calidad del líquido en los tres municipios en los que trabaja: Bucaramanga, Floridablanca y Girón. Entre los puntos tenidos en cuenta están parámetros fisicoquímicos y parámetros microbiológicos. De esta manera, para el caso bumangués, el AMB, en 2008, encontró, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, que la calidad del agua tratada tenía un promedio en número de muestras fisicoquímicas de 91; de 1mg de Cloro residual por cada litro de

agua; 1,2 Unidades Nefelométricas de Turbiedad; 5,6 Unidades de Platino Cobalto; 7,3 unidades de pH; 0,09mg de aluminio por litro; 63,2 CaCO_3 por litro; 2,7mg de cloruro por cada litro de agua; 24,9 mg de sulfatos por litro; 0,09mg Fe/L; 1,7mg de nitratos por litro; 0,0mg de nitritos por litro. Con respecto a los parámetros microbiológicos, los datos disponibles retrataban un promedio de 182 muestras microbiológicas; 0,0 muestras positivas para coliformes; 100% de aceptabilidad para coliformes totales; 0,0 muestras positivas para E. Coli; y 100% de aceptabilidad para E. Coli (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P, 2008, p. 1).

En cuanto a Floridablanca, las cifras publicadas muestran, para los parámetros fisicoquímicos, que la calidad del agua tratada tenía un promedio en número de muestras fisicoquímicas de 61; de 0,90mg de Cloro residual por cada litro de agua; 1,5 Unidades Nefelométricas de Turbiedad; 7,0 Unidades de Platino Cobalto; 7,19 unidades de pH; 0,13 mg de aluminio por litro; 30,7 CaCO_3 por litro; 2,1 mg de cloruro por cada litro de agua; 15,1 mg de sulfatos por litro; 0,11 mg de Hierro por litro de agua; 3,0 mg de nitratos por litro; y 0,0 mg de nitritos por litro. Con respecto a los parámetros microbiológicos, los datos mostraban un promedio de 151 muestras microbiológicas; 0,0 muestras positivas para coliformes; 100% de aceptabilidad para coliformes totales; 0,0 muestras positivas para E. Coli; y 100% de aceptabilidad para E. Coli Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P, 2008, p. 1).

Por último, los datos correspondientes al municipio de Girón para 2008, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, muestran que la calidad del agua tratada tenía un promedio en número de muestras fisicoquímicas de 61; de 0,76 mg de Cloro residual por cada litro de agua; 1,3 Unidades Nefelométricas de Turbiedad; 76,3 Unidades de Platino Cobalto; 7,37

unidades de pH; 0,12 mg de aluminio por litro; 40,8 CaCO₃ por litro; 2,2 mg de cloruro por cada litro de agua; 19,4 mg de sulfatos por litro; 0,10 mg de Hierro por litro de agua; 2,1 mg de nitratos por litro; y 0,0 mg de nitritos por litro. Con respecto a los parámetros microbiológicos, las cifras evidenciaban un promedio de 91 muestras microbiológicas; 0,0 muestras positivas para coliformes; 100% de aceptabilidad para coliformes totales; 0,0 muestras positivas para E. Coli; y 100% de aceptabilidad para E. Coli Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P, 2008, p. 1).

Estos estudios de la calidad del agua estuvieron paralelos con el manejo que se había dado a los ríos que abastecían de agua potable a la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana. De esta manera, fue elaborado el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, aprobado por la CDMB, el cual mostraba la importancia que tenía el río Suratá en el abastecimiento de agua para varias ciudades y poblados cercanos a la capital santandereana. Una de las características más importantes de las aguas de este, muy positiva, era que no recibía grandes cantidades de aguas residuales ni empresariales ni domésticas, por lo que la calidad del agua potable era bastante alta. Eso sí, este mismo río recibía los vertimientos que llevaban los ríos Vetás, Charta y Tona, algo que hacía descender los niveles de pureza del agua y generaba mayores costos en su tratamiento, especialmente por las elevadas cargas de arenas cianuradas provenientes de las minas del municipio de Vetás (Contraloría General de Santander, 2012, p. 66, 67).

Al igual que en 2008, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB) publicó índices de calidad del agua potable en los municipios donde hacía presencia. En el caso de Bucaramanga, para los parámetros fisicoquímicos, el AMB expuso que la calidad del agua tratada tenía un promedio en número de 90 muestras fisicoquímicas; de 1,02 mg de Cloro

residual por cada litro de agua; 0,97 Unidades Nefelométricas de Turbiedad; 4,0 Unidades de Platino Cobalto; 7,3 unidades de pH; 0,07 mg de aluminio por litro; 63,1 CaCO_3 por litro; 2,9 mg de cloruro por cada litro de agua; 21,7 mg de sulfatos por litro; 0,07 mg de Hierro por cada Litro de agua; 1,4 mg de nitratos por litro; y nitritos por litro no detectables. Para los parámetros microbiológicos: un promedio de 181 muestras microbiológicas; 0,0 muestras positivas para coliformes; 100% de aceptabilidad para coliformes totales; 0,0 muestras positivas para E. Coli; y 100% de aceptabilidad para E. Coli (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P, 2009, p. 1).

Para el municipio de Floridablanca, las cifras publicadas ese mismo año muestran, con respecto a los parámetros fisicoquímicos, que la calidad del agua potable tratada por las cuatro plantas tenía un promedio de 60 muestras fisicoquímicas; 0,91 mg de Cloro residual por cada litro de agua; 1,3 Unidades Nefelométricas de Turbiedad; 5,5 Unidades de Platino Cobalto; 7,12 unidades de pH; 0,12 mg de aluminio por litro; 28,3 mg de alcalinidad por litro; 2,2 mg de cloruro por cada litro de agua; 12,1 mg de sulfatos por litro; 0,08 mg de Hierro por litro de agua; 3,0 mg de nitratos por litro; y nitritos por litro no detectables. Con respecto a los parámetros microbiológicos, los datos mostraban un promedio de 150 muestras microbiológicas; 0,0 muestras positivas para coliformes; 100% de aceptabilidad para coliformes totales; 0,0 muestras positivas para E. Coli; y 100% de aceptabilidad para E. Coli (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P, 2009, p. 1).

Asimismo, los datos recopilados para el municipio de Girón para 2008, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, muestran que la calidad del agua tratada tenía un promedio en número de muestras fisicoquímicas de 60; de 0,70 mg de Cloro residual por cada litro de agua; de 1,1 Unidades Nefelométricas de Turbiedad; de 4,8 Unidades de Platino Cobalto;

de 7,38 unidades de pH; de 0,10 mg de aluminio por litro; de 44,5 mg de alcalinidad por litro de agua; de 2,3 mg de cloruro por cada litro de agua; de 16,6 mg de sulfatos por litro; de 0,08 mg de Hierro por litro de agua; de 1,7 mg de nitratos por litro; y nitritos por litro de agua no detectables. Con respecto a los parámetros microbiológicos, las cifras ilustraban un promedio de 90 muestras microbiológicas; 0,0 muestras positivas para coliformes; 100% de aceptabilidad para coliformes totales; 0,0 muestras positivas para E. Coli; y 100% de aceptabilidad para E. Coli (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P, 2009, p. 1).

Un punto muy importante en este proceso temporal ha sido, en primer lugar, la declaración de la Organización de las Naciones Unidas del 28 de julio de 2010, la cual exponía que “el derecho al agua potable y el saneamiento como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de vida y de todos los derechos humanos”, la cual dio pie para que el Concejo de Bucaramanga aprobara dentro del Plan de Desarrollo “Bucaramanga Capital Sostenible” que cada familia de la ciudad tenía el derecho fundamental a 200 litros diarios de agua potable, lo que se reflejaba en aproximadamente $6,0\text{m}^3$ mensuales. En otras palabras, a partir de 2010, el Concejo Municipal de Bucaramanga aprobó el llamado “consumo básico vital de agua potable”, reglamentación que supuso, sin lugar a dudas, un nuevo panorama y nuevos retos para las empresas prestadoras de servicios y para los sistemas de tratamiento y abastecimiento de agua potable en la ciudad y en el área metropolitana (Gaceta del Concejo de Bucaramanga, 2013, p. 1).

De igual manera, en Piedecuesta, el Concejo Municipal aprobó, el 23 de julio de 2010, aprobó el Plan Departamental para el manejo empresarial de los servicios de agua y saneamiento (PDA), llevado a cabo por la Gobernación de Santander y que a partir de 2011

dio vía libre para la formalización e implementación de proyectos para el mejoramiento de los sistemas de tratamiento y abastecimiento de agua potable en el municipio. Para ello, el alcalde piedecuestano tuvo la facultad de facilitar dineros al proyecto PDA, en un plazo de quince años, con el fin de mejorar y ampliar la cobertura de agua potable (Concejo Municipal de Piedecuesta, 2010, p. 3, 4).

En 2011, de acuerdo con las disposiciones locales, el Plan de Aguas de Santander (PDA), estructuró proyectos para las plantas de tratamiento de agua potable de algunos de los municipios pertenecientes al área metropolitana de Bucaramanga. Así, por ejemplo, se llevó a cabo el contrato No. 1334 para el Municipio de Girón, con el fin de construir una planta de tratamiento de agua, gestado por la Secretaría de Transporte e Infraestructura, con una duración de doce meses y un presupuesto inicial de \$ 938.440.252.14 pesos (Plan Departamental de Aguas, 2011). Otro proyecto llevado a cabo fue el contrato No. 2189, gestionado también por la Secretaría de Transporte e Infraestructura, con el fin de Construir un acueducto para la vereda Motoso, con un presupuesto de \$ 12.823.800,00 pesos (Plan Departamental de Aguas, 2011). Por último, se formalizó el contrato No. 2363, gestionado por la Secretaría de Transporte e Infraestructura, que vendría a apoyar la construcción del acueducto en la vereda Motoso, con un presupuesto de \$ 224.901.225,00 pesos (Plan Departamental de Aguas, 2011).

Para el caso de Piedecuesta, fueron llevados a cabo cuatro contratos en el 2011: el primero de ellos, el No. 2423, que buscaba la construcción de una red de conducción de agua potable para el nororiente del municipio, bastante afectado por la ola invernal de aquel año. Contó con un presupuesto de \$ 1.172.674.266,00 pesos y un plazo de ejecución de cinco meses (Plan Departamental de Aguas, 2011). El contrato No. 2455, con un

presupuesto de \$ 82.119.917,00 pesos, se formalizó con el fin de impulsar el proyecto descrito antes. Un tercer contrato firmado, esta vez con Piedecuestana E.S.P fue el contrato No. 1282, el cual buscaba la “Construcción redes de distribución y tanque de almacenamiento en el acueducto de las veredas La Colina, la Esperanza y Buenos Aires de la Mesa de Ruitoque del municipio de Piedecuesta, departamento de Santander”, con un presupuesto de \$ 1.144.910.562,00 (Plan Departamental de Aguas, 2011). Por último, otro acuerdo que fue adjudicado a Piedecuestana E.S.P fue el contrato No. 1290, para la “Construcción sistema de conducción de agua potable Macroproyecto Pienta del municipio de Piedecuesta, departamento de Santander” (Plan Departamental de Aguas, 2011).

Ese mismo año, al igual que en 2008, 2009 y 2010, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga publicó sus datos sobre la calidad del agua potable en la capital santandereana y los municipios que hacen parte de su área metropolitana:

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos:

- 91 Muestras fisicoquímicas
- 0,99 mg de Cloro residual por cada litro de agua
- 0,83 Unidades Nefelométricas de Turbiedad
- 4,4 Unidades de Platino Cobalto
- 7,15 unidades de pH
- 0,05 mg de aluminio por litro
- 44,3 mg de alcalinidad por litro de agua

- 3,0 mg de cloruro por cada litro de agua
- 28,3 mg de sulfatos por litro
- Hierro por litro de agua no detectable
- 1,4 mg de nitratos por litro
- Nitritos por litro de agua no detectables

Con respecto a las muestras microbiológicas, las cifras ilustraban un promedio de:

- 181 muestras microbiológicas
- 0,0 muestras positivas para coliformes
- 100% de aceptabilidad para coliformes totales
- 0,0 muestras positivas para E. Coli
- 100% de aceptabilidad para E. Coli

Al igual que en el caso bumangués, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga también presentó los datos correspondientes al municipio de Floridablanca para el año 2010, discriminados de la siguiente manera:

Parámetros fisicoquímicos:

- 60 Muestras fisicoquímicas
- 1,01 mg de Cloro residual por cada litro de agua

- 1,52 Unidades Nefelométricas de Turbiedad
- 9,1 Unidades de Platino Cobalto
- 7,14 unidades de pH
- 0,07 mg de aluminio por litro
- 31,8 mg de alcalinidad por litro de agua
- 2,4 mg de cloruro por cada litro de agua
- 19,9 mg de sulfatos por litro
- Hierro por litro de agua no detectable
- 2,8 mg de nitratos por litro
- Nitritos por litro de agua no detectables

Muestras microbiológicas:

- 150 muestras microbiológicas
- 0,0 muestras positivas para coliformes
- 100% de aceptabilidad para coliformes totales
- 0,0 muestras positivas para E. Coli
- 100% de aceptabilidad para E. Coli

Por último, la misma empresa detalló los índices promedio de calidad del agua potable correspondientes al municipio de Girón, en concordancia con su política de

publicación de resultados sobre el manejo, tratamiento y abastecimiento del líquido en todas las zonas donde el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga hacía presencia.

Parámetros fisicoquímicos:

- 61 Muestras fisicoquímicas
- 0,89 mg de Cloro residual por cada litro de agua
- 1,32 Unidades Nefelométricas de Turbiedad
- 7,8 Unidades de Platino Cobalto
- 7,26 unidades de pH
- 0,06 mg de aluminio por litro
- 36,2 mg de alcalinidad por litro de agua
- 2,7 mg de cloruro por cada litro de agua
- 23,0 mg de sulfatos por litro
- Hierro por litro de agua no detectable
- 2,0 mg de nitratos por litro
- Nitritos por litro de agua no detectables

Muestras microbiológicas:

- 91 muestras microbiológicas
- 0,0 muestras positivas para coliformes

- 100% de aceptabilidad para coliformes totales
- 0,0 muestras positivas para E. Coli
- 100% de aceptabilidad para E. Coli

El Informe Ambiental del Municipio de Floridablanca, presentado en 2012, detalló que el municipio pertenecía a la cuenca del río Lebrija y se encontraba sustentado por otras dos sub-cuencas, la del Río Frío y la del Río de Oro. De estas tres cuencas principales, se desprenden otras microcuencas, con diversas afluentes:

- ***Riofrío Alto***: posee afluentes como Dos Aguas y Aguablanca, que son usadas por el acueducto; La microcuenca de Río Frío requiere de un manejo especial para evitar la vulneración del ecosistema presente a su alrededor, por lo que se han creado políticas para la preservación ambiental y para la explotación de cultivos limpios.
- ***Riofrío Bajo***: tiene como afluentes a Ruitoque, cuyo uso es exclusivamente agropecuario.
- ***Zapamanga***: sus afluentes son La Cascada, La Despensa, Suratoque y San Antonio. La microcuenca de Zapamanga ha generado algunos problemas, pues a sus alrededores se ha asentado un buen número de población, por lo que la contaminación ha ido en incremento y el agua se canaliza en mayor proporción hacia los sistema de tratamiento de aguas residuales.

- ***Aranzoque – Mensulí – La Estancia***: tiene como afluentes a La Guayana y a El Roncado, esta última perteneciente a la subcuenca de Ruitoque (Contraloría Municipal de Floridablanca, 2012, p. 19).

Las fuentes de agua del municipio de Floridablanca representaban una oportunidad inigualable de mantener al municipio con suministro de agua potable durante muchos años, aunque existían problemas bastante graves con respecto a la contaminación de las aguas, el deterioro del paisaje y la destrucción del nicho ecológico, cuestiones que creaban un gran daño al municipio:

“Infortunadamente, las fuentes hídricas que rodean el Municipio de Floridablanca, reciben a su paso basuras y contaminantes de toda índole que se reflejan en olores desagradables, su lamentable aspecto, además de la carencia de vegetación en algunos tramos que refleja el deterioro del paisaje y los problemas para la población ante la imposibilidad de disfrutar de los ríos, pues en vez de río existen caños de aguas negras que afectan la calidad del servicio, insuficiencia de agua salubre, saneamiento e higiene, ocasionando posibles casos de morbilidad y mortalidad, por enfermedades como ascariasis, cólera, el dengue, dengue hemorrágico, diarrea, ahogamiento, intoxicación por plomo, malaria, malnutrición, entre otras” (Contraloría Municipal de Floridablanca, 2012, p. 20).

Por otro lado, durante ese mismo año, fueron comenzadas las obras para construir un embalse en Bucaramanga, que sería el encargado de llevar agua potable a

aproximadamente 1,2 millones de personas, tanto en la capital santandereana, como en los municipios que comprendían su área metropolitana. Este nuevo proyecto sumaría un caudal de 1.100 litros por segundo, al caudal a existente de 3.000 litros por segundo que manejaba el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. Se buscaba poder abastecer de agua potable a la población de Bucaramanga, Floridablanca y Girón, especialmente durante los meses de más sequía del año, proyecto que contó con el apoyo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (El Tiempo, 2012).

A partir de ahí, y como ya era costumbre, fueron publicados por el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB) los índices de calidad del agua potable en Bucaramanga y el área metropolitana para el año 2012:

En Bucaramanga, para la subdivisión de los parámetros fisicoquímicos, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga mostró que la calidad del agua tratada poseía, en promedio, 91 muestras fisicoquímicas; 0,91 mg de Cloro residual por cada litro de agua; 1,11 Unidades Nefelométricas de Turbiedad; 6,4 Unidades de Platino Cobalto; 7,23 unidades de pH; 0,08 mg de aluminio por litro; 46,6 mg de CaCO_3 por litro; 3,0 mg de cloruro por cada litro de agua; 22,9 mg de sulfatos por litro; niveles de Hierro No Detectables (ND); 1,3 mg de nitratos por litro; y nitritos por litro No Detectables. Para los parámetros microbiológicos, se encontraron, en promedio, 182 muestras microbiológicas; 0,0 muestras positivas para coliformes; 100% de aceptabilidad para coliformes totales; 0,0 muestras positivas para E. Coli; y 100% de aceptabilidad para E. Coli (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P, 2012, p. 1).

En Floridablanca, las cifras publicadas muestran que en el año 2012 los parámetros fisicoquímicos en cuanto a la calidad del agua potable tratada para el municipio tenía un

promedio de 61 muestras fisicoquímicas; de 0,91 mg de Cloro residual por cada litro de agua; 1,11 Unidades Nefelométricas de Turbiedad; 6,4 Unidades de Platino Cobalto; 7,23 unidades de pH; 0,08 mg de aluminio por litro; 46,6 mg de alcalinidad por litro; 3,0 mg de cloruro por cada litro de agua; 22,9 mg de sulfatos por litro; miligramos de Hierro por litro de agua No Detectables (ND); 1,3 mg de nitratos por litro; y nitritos por litro No Detectables. Ahora bien, en cuanto a los parámetros microbiológicos, los datos para aquel año mostraban un promedio de 182 muestras microbiológicas; 0,0 muestras positivas para coliformes; 100% de aceptabilidad para coliformes totales; 0,0 muestras positivas para E. Coli; y 100% de aceptabilidad para E. Coli Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P, 2012, p. 1).

Por último, los datos recopilados para el municipio de Girón en 2012 mostraron que la calidad del agua tratada tenía un promedio de muestras fisicoquímicas de 61; de 0,83 mg de Cloro residual por cada litro de agua; de 1,45 Unidades Nefelométricas de Turbiedad; de 9,1 Unidades de Platino Cobalto; de 7,28 unidades de pH; de 0,09 mg de aluminio por litro; de 38,5 mg de alcalinidad por litro de agua; de 2,6 mg de cloruro por cada litro de agua; de 18,3 mg de sulfatos por litro; de Hierro por litro de agua No Detectable; de 2,0 mg de nitratos por litro; y nitritos por litro de agua No Detectables. Con respecto a los parámetros microbiológicos, las cifras ilustraban un promedio de 91 muestras microbiológicas; 0,0 muestras positivas para coliformes; 100% de aceptabilidad para coliformes totales; 0,0 muestras positivas para E. Coli; y 100% de aceptabilidad para E. Coli (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P, 2012, p. 1).

Este mismo año, se estructuró el Plan Estratégico de Gestión 2012-2018 del AMB “Agua Sostenible y Confiable”. De ahí nació el Proyecto de Regulación de río Tona –

Embalse de Bucaramanga, que tenía como fin la construcción de una presa de enrocado y cara de concreto, con 106 metros de altura y con capacidad de almacenamiento de aproximadamente 18,0 millones de metros cúbicos de agua y regular un caudal de 1.200 litros de agua por segundo, sin contar con que garantizaría una provisión de 2.000 litros por segundo de agua de la planta de Bosconia. Esta planta de tratamiento también tendría la capacidad de tratar aproximadamente 1.200 litros por segundo, en una línea de aducción de 3,8 kilómetros y una línea de conducción en tubería de 18 kilómetros de longitud y 1,2 metros de diámetro, que llegaría hasta el municipio de Girón. En 2013 comenzaron los trabajos para llevar a cabo dicho proyecto, el cual contaba con los siguientes puntos:

- ***Estructura de disipación de energía:*** en esta etapa de la construcción fueron estabilizados 37.173 metros cuadrados de taludes y fueron excavados 1.574.034 metros cúbicos de material rocoso, llevados al cuerpo mismo de la presa. Además, fueron construidas rondas de coronación alrededor de la estructura, con el fin de manejar sus aguas de esorrentía.
- ***Construcción de la presa:*** los rellenos, desde el comienzo de su construcción, alcanzaron los 1.770.000 metros cúbicos de material de enrocado. Se compuso de una cara de aguas abajo, una cara de enrocado, una cara aguas arriba y una cara de concreto. Esta última fue construida por la puesta en marcha de un sistema de formaleta autodeslizante, usado para la colocación del concreto, que ayudaron a mejorar los acabados y los rendimientos de la estructura.

- ***Muros parapetos:*** el relleno de estos muros hacen parte de la banca vial definitiva que conduce a las veredas del corregimiento número 2 de Bucaramanga, con un ancho de 10 metros y una longitud de 247 metros.
- ***Túnel del vertedero de excesos:*** posee nueve metros de diámetro y transporta los caudales de las crecientes del área del embalse, por medio de un túnel que alcanza los cuatrocientos metros. Asimismo, el interior de este túnel posee una cortina de inyecciones que permeabiliza el macizo rocoso en este sector del proyecto.
- ***Pozo vertical vertedero de excesos:*** tiene un total de veinte metros de diámetro y cuarenta y cinco metros de longitud, cuya finalidad es mantener la estabilidad de la presa, especialmente durante las crecidas del río Tona.
- ***Estructura de captación:*** Se ha construido con la meta de captar 3.200 litros por segundo, caudal es conducido hacia las plantas de tratamiento de Bosconia y de Los Angelino, que para el 2013 estaba en proceso de construcción.
- ***Cortinas de inyección:*** estas cortinas permitirán que cuando los 18.000.000 de m³ de agua sean almacenados en el embalse, el agua no se infiltre a través de la roca fundacional de la estructura de la presa. Se encuentra alojada en una perforación de 100 metros de profundidad con inyecciones de lechada de cemento en la zona inferior de la presa, para no permitir posibles fisuras en la roca.
- ***Túnel vial:*** posee 141 metros de longitud y una sección de 9.20 metros ancho y 7.50 metros de altura. Este túnel permite que los habitantes de las veredas del corregimiento 2 del municipio de Bucaramanga puedan transitar con

normalidad, además de servir como corredor vial hacia el mirador turístico del proyecto.

- **ZODME:** se ha implementado con el fin de causar el menor impacto ambiental en las áreas aledañas al proyecto, creando un sitio para la disposición de los materiales de excavación provenientes de la obra y que son utilizados como rellenos de la presa.

- **Tubería de aducción:** busca garantizar el transporte del agua almacenada en el embalse hasta las plantas de tratamiento de agua potable de Bosconia y la de Los Angelinos, aún en construcción. Tiene una capacidad de transporte de 3.200 litros de agua por segundo y una longitud de 4 km.

- **Estructura de descarga de fondo:** Fue construida para ser anexada a la tubería de aducción del proyecto, con el fin de controlar el llenado del embalse, por medio de la implementación de una válvula multichorro (Howell - Bunger), cuya capacidad de evacuación de caudales es de 11 m³/sg. Posee, igualmente, un caudal ecológico (50 L/s), teniendo en cuenta la normatividad vigente.

- **Construcción acceso vial a la futura PTAP los angelinos:** tendrá una longitud de 1.60 km y un ancho de banca vial de 6 metros, junto con sus bermas cunetas de 0.50 m y con un nuevo puente en concreto reforzado (28 metros de longitud) sobre el cauce del río Suratá. Entre sus funciones se encuentran mejorar las condiciones de acceso de los habitantes de las veredas de Los Santos y Angelinos del Municipio de Bucaramanga.

- ***Trabajos de construcción de las juntas de construcción y junta***

perimetral: son instalaciones de los sellos omega en EPDM, para la construcción de la cara de concreto

- ***Túnel de desviación:*** contiene 507 metros de longitud y se ha construido para garantizar el manejo hídrico del río Tona durante los últimos tres años. Tiene un peso total de 45 toneladas y un metro de espesor, situado en el portal de entrada de este túnel (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, 2014).

Durante 2014, las obras del embalse de Bucaramanga avanzaron, con un presupuesto que llegaba a los \$317.517.000.000 de pesos, aportados entre el Gobierno Nacional, la Gobernación de Santander y la Alcaldía de Bucaramanga. Este proyecto, contó con la obra de 1.244 trabajadores. Su principal objetivo, como ya fue expuesto, era almacenar las aguas de invierno del río Tona, con el fin de abastecer a la capital santandereana y su área metropolitana de agua potable durante los meses de verano, tiempo en el que el líquido escasea por la baja de las fuentes fluviales. La planta de tratamiento tiene la capacidad de tratar 1.200 litros por segundo, una línea de aducción de 3.8 kilómetros y una línea de conducción en tubería de 1.2 metros de diámetro y de 18 kilómetros de longitud, que va hasta el Municipio de Girón. El embalse posee también una represa de almacenamiento de agua propia. La capacidad de almacenamiento llegaría a, aproximadamente, 18 millones de metros cúbicos, la cual estuvo disponible en los primeros meses del año 2015. Este proyecto garantizaría el suministro de agua potable en Bucaramanga, Floridablanca y Girón por casi cincuenta años, razón por la cual a partir de

2014 se dio inicio a una nueva etapa en los sistemas de tratamiento de agua potable en la ciudad y en su área metropolitana (Vicepresidencia de la República, 2015).

CONCLUSIONES

- El sistema de tratamiento de agua potable en Bucaramanga y su área metropolitana, por lo menos durante los últimos veinte años, ha tenido unos índices de calidad que muestran su efectividad en el tratamiento, teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos cifras publicadas por los mismos acueductos en sus informes de gestión anual, arrojando datos que demuestran su aceptabilidad y cumplimiento con la normatividad vigente para ser un agua potable y apta para consumo humano para que de esta manera cumplir con la ley 373 de 1997 y que en la actualidad lo reglamenta la Comisión de Regulación del Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA).
- Las fuentes de agua potable para abastecer a los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta se han mantenido casi invariables durante gran parte del periodo que transcurrió entre 1994 y 2014, resaltando los esfuerzos por parte del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB) y del Acueducto de Piedecuesta – Piedecuestana, que se han dirigido precisamente en este camino. La formulación del plan de construcción del Embalse para el río Tona es un ejemplo claro de ello llegando a un caudal existente de 3000 litros por segundo, estructurado por el Plan Estratégico de Gestión 2012-2018 del AMB llamado Agua Sostenible y Confiable.
- La inversión extranjera como es la del Banco Interamericano de Desarrollo y la del Banco Mundial en conjunto con las alcaldías de los municipios del área

metropolitana de Bucaramanga y del Gobierno Nacional, le han dado el sustento económico a buena parte de los proyectos en marcha para mejoras y ampliaciones en los sistemas de tratamiento de agua potable e infraestructura para plantas, tanques de abastecimiento y construcciones de redes de conducción, en los cuales le ha dado un mayor desarrollo y avance a Bucaramanga y su área metropolitana destacando el programa Plan de Agua 1995 al 1999.

RECOMENDACIONES

- Aunque los sistemas de tratamiento de agua potable en Bucaramanga y su área metropolitana se han venido consolidando, especialmente durante la primera década del siglo XXI, es necesario realizar un posterior estudio sobre la relación de estos sistemas de tratamiento aplicados por normativa y las formas de abastecimiento, tanto a nivel domiciliario, comercial e industrial, pues varias fuentes muestran las dificultades que existen en diferentes zonas de cada municipio con respecto al abastecimiento del líquido. De esta manera, si bien el tratamiento del agua potable en Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta es bastante aceptable, también debería tenerse en cuenta qué tanta de esa agua llega con eficiencia, calidad y constancia a sus habitantes.
- Se recomienda un nuevo sistema de control operativo de datos a la cadena de suministro del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB) y la Piedecuestana, con el fin de mitigar pérdidas técnicas, comerciales y control de las presiones de las tuberías matrices de los tanques de distribución presentes en los procesos.
- Se recomienda una evaluación de una nueva planta de tratamiento de agua potable para Bucaramanga y su Área Metropolitana, debido al crecimiento poblacional que conlleva a una mayor demanda, provocando que la capacidad de las plantas de tratamiento existentes no den abasto para surtir a la población.

BIBLIOGRAFÍA

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB). (2014). Proyecto de Regulación del Río Tona. Embalse de Bucaramanga – Componente I. Recuperado de:
<http://www.amb.com.co/frmInformacion.aspx?inf=91>

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P. (2005). Informe de responsabilidad Social Empresarial. Bucaramanga: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P. (2014). Fuentes de agua. Bucaramanga. Recuperado de: <http://www.amb.com.co/frmInformacion.aspx?inf=33>

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P. (2014). Historia. Bucaramanga. Recuperado de: <http://www.amb.com.co/frmInformacion.aspx?inf=20>

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2008). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Bucaramanga. Recuperado de:
http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/control_calidad_bga.pdf

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2008). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Floridablanca. Recuperado de:
http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/control_calidad_flda.pdf

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2008). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Girón. Recuperado de:
http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/control_calidad_giron.pdf

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2009). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Bucaramanga. Recuperado de:
http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/control_calidad_bga2009.pdf

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2009). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Floridablanca. Recuperado de:
http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/control_calidad_flda2009.pdf

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2009). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Girón. Recuperado de:
http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/control_calidad_giron2009.pdf

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2010). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Bucaramanga. Recuperado de:
http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/control_calidad_bga2010.pdf

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2010). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Floridablanca. Recuperado de:
http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/control_calidad_flda2010.pdf

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2010). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Girón. Recuperado de:
http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/control_calidad_giron2010.pdf

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2010). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Girón. Recuperado de:
http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/control_calidad_giron2010.pdf

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2011). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Girón. Recuperado de:
<http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/RESUMEN%20FQ%20MB%20RED%20GIRON%202011.pdf>

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2011). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Bucaramanga. Recuperado de:
<http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/RESUMEN%20FQ%20MB%20RED%20BUCA RAMANGA%202011.pdf>

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2011). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Floridablanca. Recuperado de:
<http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/RESUMEN%20FQ%20MB%20RED%20FLORI DABLANCA%202011.pdf>

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2012). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Bucaramanga. Recuperado de: <http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/PROMEDIO%20MENSUAL%20FQ%20MB%20RED%20BUCARAMANGA%202012.pdf>

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2012). Calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada. Floridablanca. Recuperado de: <http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/PROMEDIO%20MENSUAL%20FQ%20MB%20RED%20FLORIDA%202012.pdf>

Alcaldía de Bucaramanga. (2004). Plan de Desarrollo Económico, Social y de Obras Públicas para Bucaramanga 2004-2007. Recuperado de: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd-bucaramanga-santander-2004-2007-\(110%20p%C3%A1g%20-%20576%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd-bucaramanga-santander-2004-2007-(110%20p%C3%A1g%20-%20576%20kb).pdf)

Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Constitución Política. Bogotá. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4125>

Banco Interamericano de Desarrollo. (2001). Propuesta de Proyecto para el FOMIN. Recuperado de: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=1792405>

Concejo de Bucaramanga. (2002). Acuerdo no., 018, Por el cual se hace una revisión parcial extraordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de

Bucaramanga. Recuperado de:

<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot-bucaramanga-santander-2002-acuerdo%20no.%2018%20de%202002.pdf>

Concejo de Bucaramanga. (2013). Gaceta. Recuperado de:

http://www.concejodebucaramanga.gov.co/descargas/EDICION_%20018_2013.pdf

Concejo Municipal de Bucaramanga. (1995). Acuerdo no. 028. Recuperado de:

http://www.concejodebucaramanga.gov.co/descargas/Acuerdo_028_1995.pdf

Congreso de Colombia. (1994). Ley 142, “Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones”. Bogotá: Diario Oficial.

Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>

Congreso de la República. (1994). Ley 142, “Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones”. Bogotá: Diario Oficial.

Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>

Congreso de la República. (1997). Ley 373, “por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua”. Bogotá: Diario Oficial. Recuperado de:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=342>

Congreso de la República. (2007). Ley 1176, “Por la cual se desarrollan los artículos 356 y 357 de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones”. Bogotá: Diario Oficial. Recuperado de:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=28306>

Contraloría General de Santander. (2012). Informe anual sobre el estado de los recursos naturales y medio ambiente. Departamento de Santander. Recuperado de:
<http://www.contraloriasantander.gov.co/publicaciones/20131213-INFORME-AMBIENTAL-2012.pdf>

Contraloría Municipal de Floridablanca. (2012). Recursos naturales y del medio ambiente. Contraloría Municipal de Floridablanca. Vigencia 2012 – 2013. Estado de los recursos naturales y del medio ambiente. Floridablanca. Contraloría Municipal de Floridablanca. Recuperado de: <http://contraloria-floridablanca-santander.gov.co/apc-aa-files/65656536663534313736353835353135/informe-ambiental-definitivo-2012.pdf>

De La Peña, J. (2010). Sistemas romanos de abastecimiento de agua. AQVAE. Recuperado de: http://www.traianvs.net/pdfs/2010_10_delapena.pdf

De Vargas, L... (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Recuperado de: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/filtrarap1.html>

Departamento Nacional de Planeación. (1995). Plan de Agua 1995-1998. Acueducto y alcantarillado. Documento CONPES 2767-Ministerio de Desarrollo Económico-DNP: UPRU. Recuperado de:
http://www.admonpublica.org/page/images/Documentos/Gestion/PrestarServicios/ServiciosPublicos/plan_de_agua_1995-1998.pdf

Granada C., L. (2011). Estimación del consumo básico de agua potable en Colombia. Proyecto de grado. Cali. Universidad del Valle. Recuperado de:
<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/3682/4/CB-0449498.pdf>

Healt Canada. (2014). Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Recuperado de: http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/sum_guide-res_recom/index-eng.php

Infante, J. (3, julio, 1995). Agua Potable. *El Tiempo*. Recuperado de:
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-358624>

Integral – Ingenieros y Constructores. (2014). Regulación del Río Tona. Recuperado de: <http://www.integral.com.co/es/proyectos/agua-potable-y-saneamiento/268-regulacion-del-rio-tona-embalse-para-el-acueducto-de-bucaramanga-17-6-millones-m3>

Martínez G., C. (2006). La ciudad y el agua. Bucaramanga: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.

Miguel A. Puche L. (2010). “Nombrar el agua en la Edad Media. Del preciado líquido al líquido mortal”. *Cuadernos del CEMyR*, 10. Recuperado de: <http://publica.webs.ull.es/upload/REV%20CEMYR/18%20-%202010/06%20Miguel%20Angel%20Puche%20Lorenzo.pdf>

Ministerio de Desarrollo Económico. (1996). Resolución no. 13 de 1996. Recuperado de: http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/res13_96.pdf

Ministerio de la Protección Social. (2010). Resolución no. 4716 de 2010. Recuperado de: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/76-Res_4716_2010.pdf

Piedecuestana de Servicios Públicos. (2014). Historia. Piedecuesta. Recuperado de: http://www.piedecuestanaesp.gov.co/Piedecuestana/informacion.php?id_sec=1&id_sub=3

Piedecuestana de Servicios Públicos. (2015). Acueducto de Piedecuesta. Recuperado de: <http://www.piedecuestanaesp.gov.co/pds/index.php/servicios/acueducto>

Plan Departamental de Aguas. (2011). Información para el contrato No. 1334 para el Municipio de Girón. Recuperado de:

<http://www.pdasantander.com.co/proyectos.php?idproy=14#titulodos>

Plan Departamental de Aguas. (2011). Información para el contrato No. 2189 para el Municipio de Girón. Recuperado de:

<http://www.pdasantander.com.co/proyectos.php?idproy=51#titulodos>

Plan Departamental de Aguas. (2011). Información para el contrato No. 2363 para el Municipio de Girón. Recuperado de:

<http://www.pdasantander.com.co/proyectos.php?idproy=54#titulodos>

Plan Departamental de Aguas. (2011). Información para el contrato No. 2423 para el Municipio de Piedecuesta. Recuperado de:

<http://www.pdasantander.com.co/proyectos.php?idproy=35#titulodos>

Plan Departamental de Aguas. (2011). Información para el contrato No. 2455 para el Municipio de Piedecuesta. Recuperado de:

<http://www.pdasantander.com.co/proyectos.php?idproy=36#titulodos>

Plan Departamental de Aguas. (2011). Información para el contrato No. 1282 para el Municipio de Piedecuesta. Recuperado de:

<http://www.pdasantander.com.co/proyectos.php?idproy=62#titulodos>

Plan Departamental de Aguas. (2011). Información para el contrato No. 1290 para el Municipio de Piedecuesta. Recuperado de:

<http://www.pdasantander.com.co/proyectos.php?idproy=63#titulodos>

Presidente de la República. (1998). Decreto 475, “Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable”. Bogotá: Diario Oficial. Recuperado de:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1327>

Presidente de la República. (1998). Decreto 475, “Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable”. Bogotá: Diario Oficial. Recuperado de:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1327>

Presidente de la República. (2007). Decreto 1575, “por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”.

Bogotá: Diario Oficial. Recuperado de:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30007>

Presidente de la República. (2012). Decreto 1350, “Por el cual se reglamentan el artículo 130 de la Ley 1450 de 2011 y se dictan otras disposiciones. Bogotá: Diario Oficial.

Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=47987>

Robayo M., C. (2005). Normalización, diseño y documentación del sistema de gestión de la calidad para el proceso de tratamiento de agua potable en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga AMB S.A bajo los lineamientos de la NTC – ISO 9001: 2000. Proyecto de Grado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Recuperado de: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/4605/2/116320.pdf>

Rodríguez G. J. (2012). Acueducto de Bogotá, 1887-1914 entre público y privado. *Revista Credencial Historia*. Marzo. Recuperado de: <http://www.revistacredencial.com/credencial/content/acueducto-de-bogot-1887-1914-entre-p-blico-y-privado>

S.A. (10, julio, 2012). “Embalse de Bucaramanga será de interés nacional. El Tiempo. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12015936>

S.A. (2004). Acueducto deja \$5.000 millones de utilidades. *El Tiempo*. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1580082>

Sánchez L., E. & Gozalbes C., Enrique. (2012). Los usos del agua en la Hispania romana. Vínculos de la Historia, 1. Recuperado de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4040130>

UNICEF – Organización ENRÉDATE. El agua y la historia. Agua, civilizaciones y desarrollo de la humanidad. Recuperado de:

http://www.enredate.org/retrocd/escuela/historia/agua_historia.pdf

United States Environmental Protection Agency – EPA. (2009). Drinking Water Contaminants. Recuperado de: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/>

Vicepresidencia de la República. (27, mayo, 2015). Presidente y Vicepresidente inauguraron el Embalse de Bucaramanga, que garantiza agua en Santander para los próximos 50 años. Recuperado de:
<http://www.vicepresidencia.gov.co/prensa/2015/Paginas/Presidente-y-Vicepresidente-inauguraron-el-Embalse-de-Bucaramanga-que-garantiza-agua-en-Santander-150527.aspx>

World Health Organization.(2008).Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf